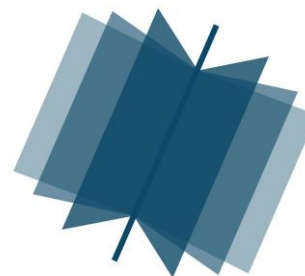


**МЕЖДУНАРОДНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ЖУРНАЛ**

INTERNATIONAL RESEARCH JOURNAL

ISSN 2227-6017 ONLINE

Екатеринбург
2022



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 (118) 2022
Часть 2
Апрель**

Дата выхода 18.04.2022
Цена: бесплатно.

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: **ЭЛ № ФС 77 - 80772**.

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);
Свиштунов 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. наук проф., Военный авиационный инженерный университет (Воронеж, Россия);
Брылев В.А. д-р геогр. наук, проф., Волгоградский государственный социально-педагогический университет (Волгоград, Россия);
Огурева 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);
Ларионов М.В. д-р биол. наук, доцент, ведущий научный сотрудник, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева (Москва, 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 Медицинская Академия (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. наук, ОмГУ им. Ф.М. Достоевского (Омск, Россия);
Блейх Н.О. д-р ист. наук, Северо-Осетинский государственный университет им. К.Л. Хетагурова (Владикавказ, 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 университет в 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:

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 (Курск, 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 Медицинская Академия (Ижевск, Россия).

ОГЛАВЛЕНИЕ

ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ / GEOLOGY AND MINERALOGY

Ондо Айенвеге Л.М. ЗАПАСЫ И НОВЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ РЕСПУБЛИКИ ЭКВАТОРИАЛЬНОЙ ГВИНЕИ	7
---	---

НАУКИ О ЗЕМЛЕ / SCIENCE ABOUT THE EARTH

Пархоменко В.П. РАСЧЕТ ПЕРЕНОСА CO ₂ В АТМОСФЕРЕ НА БАЗЕ МОДЕЛИ ОБЩЕЙ ЦИРКУЛЯЦИИ АТМОСФЕРЫ.....	15
Чермошенцев А.Ю. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ АКТИВНОГО ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ МОНИТОРИНГА МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОВОДОВ	20
Набеева Э.Г., Мингазова Н.М., Шигапов И.С., Зарипова Н.Р., Шакирова Л.А., Павлова Л.Р. ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ОЗЕРА АРХИЕРЕЙСКОЕ ЛАИШЕВСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН.....	24

МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ / MEDICINE

Антонова А.А., Яманова Г.А. ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ТРУДА ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ РАБОТНИКОВ	29
Аракельян Р.С., Курбангалиева А.Р., Аракелянц О.А., Лычагина И.И., Серова А.В., Моница С.И., Ивлицкая А.А., Садаева Т.В., Магомедов А.А., Мухрыгина А.Д., Уткина Е.Д. ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ ДЕТЕЙ ВЕТРЯНОЙ ОСПОЙ	32
Аушева М.Д., Байтемирова С.Д., Комарова К.В., Осипенко Д.А. РИСК ПОЯВЛЕНИЯ КРОВОТЕЧЕНИЯ У РОЖЕНИЦ, ПЕРЕНЕСШИХ COVID-19 ВО ВРЕМЯ БЕРЕМЕННОСТИ	38
Байбаков С.Е., Бахарева Н.С., Юсупов Т.Р., Федько В.А., Чигрин С.В., Авакимян С.Б., Мецкер А.В. ГЕНДЕРНЫЕ РАЗЛИЧИЯ ПАРАМЕТРОВ БОКОВЫХ ЖЕЛУДОЧКОВ У ДЕТЕЙ ПЕРИОДА ВТОРОГО ДЕТСТВА	45
Балакирева Е.А., Калмыкова Г.В., Матвиенко Е.В., Сарычева М.В., Лавров А.В., Глушенко П.А., Семькина А.М. ТРУДНОСТИ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ СТЕРЕОТИПОВ У ДЕТЕЙ. КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ	49
Вечканова Н.А., Мельникова Н.А., Белова О.А., Прокофьев Д.А., Сорокина О.А., Алиев А.Г., Новикова А.И., Гройсман П.С., Чалдаева А.Н., Евинова М.В., Горохова М.А. ИЗУЧЕНИЕ НЕЙРОГЕННЫХ АРИТМИЙ СЕРДЦА ПРИ ФОКАЛЬНОЙ ЭПИЛЕПСИИ У КРЫС В ЭКСПЕРИМЕНТЕ.....	54
Громенко Д.Д., Надеждина Е.А., Громенко И.Д., Бердигулова Э.Ф., Янбарисова А.Р., Галимов Ш.Н. PRP-ТЕРАПИЯ ЯИЧНИКОВ: МОЛЕКУЛЯРНЫЕ АСПЕКТЫ	59
Киселева А.А., Аракельян Р.С., Аракелянц О.А., Вепалева А.В., Пак В.С., Ибрагимова Л.А., Козлова А.С., Юлдашева Д.Б., Юлдашев Э.Б. ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ТОКСОКАРОЗА ЧЕЛОВЕКА В АСТРАХАНСКОМ РЕГИОНЕ	66
Псеунок А.А., Силантьев М.Н., Чамокова А.Я., Гасанова Р.А. ОСОБЕННОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА У ФУТБОЛИСТОВ 16-17 ЛЕТ.....	71
Сабитова М.М., Берхеева З.М., Гарипова Р.В., Сафина К.Р. ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНСТРУМЕНТОВ БЕРЕЖЛИВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОФПАТОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЕ	74
Сагитова Г.Р., Антонова А.А., Елисеев Ф.И., Абакарова М.А., Умалатова А.Ф., Макарова В.В., Пасаева Л.М. СТРУКТУРА И ДИНАМИКА ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ ОРГАНОВ ПИЩЕВАРЕНИЯ СРЕДИ ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ В АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ	81
Светлицкая О.И., Еремич С.В., Сирош Ю.А., Шаранова О.А., Кенденков О.И. РОЛЬ РЕМДЕСИВИРА В ЛЕЧЕНИИ ПАЦИЕНТОВ С COVID-19-АССОЦИИРОВАННЫМ ОСТРЫМ РЕСПИРАТОРНЫМ ДИСТРЕСС-СИНДРОМОМ	86
Шевченко А.И., Дробот Н.Н., Кондратьева Е.Г. КОНСОЛИДАЦИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВРАЧЕЙ ФТИЗИАТРИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ И ОБЩЕЙ ЛЕЧЕБНОЙ СЕТИ В ВЫЯВЛЕНИИ ТУБЕРКУЛЕЗА ЛЕГКИХ.....	89

Яманова Г.А., Антонова А.А., Сагитова Г.Р., Идельбаева А.М., Мирманова И.М. ОЦЕНКА ФИЗИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ КАДЕТОВ АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ	94
---	----

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ / BIOLOGY

Джапова Р.Р., Бембеева О.Г., Джапова В.В., Казьмин В.Д., Медяников И.И. РАЦИОН ЛАМЫ ГУАНАКО (<i>LAMA GUANACOE</i>) НА СТЕПНОМ ПАСТБИЩЕ В ДОЛИНЕ ЗАПАДНОГО МАНЫЧА.....	98
Kuramshina Z.M., Smirnova Y.V., Khairullina R.M. INFLUENCE OF <i>BACILLUS SUBTILIS</i> AND CADMIUM ON THE MYCORRHIZATION OF WHEAT PLANTS.....	103
Мустафаева Г.А., Шукюрова З.Ю. БИОЛОГИЯ <i>SATURNIA PYRI</i> (LEPIDOPTERA: SATURNIIDAE) НА ТЕРРИТОРИИ АЗЕРБАЙДЖАНА	107
Mustafaeva G.A., Shukyurova Z.Yu. ON THE BIOLOGY OF <i>SATURNIA PYRI</i> (LEPIDOPTERA: SATURNIIDAE) ON THE TERRITORY OF AZERBAIJAN	107
Петров Р.Е., Карсанаев С.В., Максимов Т.Х. ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ ЛЬДОВ ПОЛИГОНАЛЬНОЙ ТУНДРЫ НА СЕВЕРО-ВОСТОКЕ РОССИИ	114
Терехова О.А., Лаврентьева С.И., Иваченко Л.Е. ВЛИЯНИЕ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ НА ЭНЗИМАТИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ СЕМЯН СОИ, ВЫРАЩЕННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИРОДНЫХ ЦЕОЛИТОВ.....	119
Федосеев О.Н., Хурнова Л.М. МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЪЕМА ДРЕВОСТОЯ С ЦЕЛЬЮ КОЛИЧЕСТВЕННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОГЛОЩЕНИЯ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ	125
Цейликман В.Э., Лукин А.А. БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ РЕСВЕРАТРОЛА	131
Черетаев И.В., Акимова М.И. ОКСИГЕНАЦИЯ – МЕТОД БИОКОРРЕКЦИИ ГИПОКСИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ ПРИ САХАРНОМ ДИАБЕТЕ	137

ВЕТЕРИНАРНЫЕ НАУКИ / VETERINARY SCIENCE

Мкртчян Г.В. КОРРЕЛЯЦИЯ МЕЖДУ БИОХИМИЧЕСКИМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ КРОВИ И МОЛОЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ У КОРОВ С РАЗНОЙ МАССОВОЙ ДОЛЕЙ БЕЛКА В МОЛОКЕ	141
Томашевская Е.П., Сидоров М.Н. ВЕТЕРИНАРНО-САНИТАРНАЯ ЭКСПЕРТИЗА РЫБЫ ЧИР УСТЬ-ЯНСКОГО И АНАБАРСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)	148
Шубина Т.П., Чопорова Н.В. ХАРАКТЕРИСТИКА СТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ТИМУСА У ОВЕЦ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНОЙ ДОБАВКИ	152
Шубина Т.П., Чопорова Н.В. ВЛИЯНИЕ БИОСТИМУЛЯТОРОВ НА МИКРОСТРУКТУРУ ЛИМФОУЗЛОВ ТОЩЕЙ КИШКИ У СВИНЕЙ.....	155

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ / PHYSICS AND MATHEMATICS

Брюханов М.А. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПО ОБНАРУЖЕНИЮ КОРРОЗИОННОГО РАСТРЕСКИВАНИЯ ПОД НАПРЯЖЕНИЕМ НА ТРУБОПРОВОДАХ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ	158
--	-----

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ / CHEMISTRY

Гнидан Е.В. ЛИГНИН ДРЕВЕСИНЫ ОСИНЫ: ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА, СТРОЕНИЯ, ФРАКЦИОНИРОВАНИЯ И КОНВЕРСИИ	162
Бидоленко В.В., Попов А.С., Иванова И.С., Чухно А.С. РАЗРАБОТКА ОКИСЛИТЕЛЯ И УСЛОВИЙ ПРОВЕДЕНИЯ РЕАКЦИИ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО И ВОСПРОИЗВОДИМОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОФЕИНА МЕТОДОМ МУРЕКСИДНОЙ ПРОБЫ	167

ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИЕ НАУКИ / PHARMACEUTICS

Арлыт А.В.

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ЦЕРЕБРОПРОТЕКТОРНОЙ АКТИВНОСТИ ШЛЕМНИКА МНОГОЗУБОГО И МАНЖЕТКИ ТРИНАДЦАТИЛОПАСТНОЙ НА ЛАБОРАТОРНЫХ ЖИВОТНЫХ ПРИ ИШЕМИИ МОЗГА.....173

Хайбуллин Р.Г., Волкова Л.В.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАКОПЛЕНИЯ ПОЛИСАХАРИДОВ В БИОМАССЕ ЛИСТЬЕВ *A. LARPA* L. В ПРОЦЕССЕ МИКРОБНОЙ ФЕРМЕНТАЦИИ.....178

АРХИТЕКТУРА / ARCHITECTURE

Ильвицкая С.В., Асмолова Л.В.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ АРХИТЕКТУРЫ ПРАВОСЛАВНЫХ ПАЛОМНИЧЕСКИХ ЦЕНТРОВ В КОНТЕКСТЕ ИСТОРИЧЕСКОЙ СРЕДЫ184

Костюченко М.О., Костюченко В.В., Астанин Д.М.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЩЕСТВЕННОГО ПРОСТРАНСТВА МНОГОКВАРТИРНЫХ ДОМОВ С УЧЕТОМ УДОБСТВА ДЛЯ МАЛОМОБИЛЬНЫХ ГРАЖДАН191

Демин А.В., Григорьева Д.С.

ИНТЕГРАЦИЯ ОЗЕЛЕНЕНИЯ В ОБЩЕСТВЕННЫЕ ПРОСТРАНСТВА ТРАНСПОРТНЫХ УЗЛОВ НА ПРИМЕРЕ НОВОГО ТЕРМИНАЛА МОСКОВСКОГО ВОКЗАЛА В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ196

Норина Н.В.

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА.....206

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.118.4.071>**ЗАПАСЫ И НОВЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ
РЕСПУБЛИКИ ЭКВАТОРИАЛЬНОЙ ГВИНЕИ**

Научная статья

Ондо Айенвеге Л.М.*

Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

* Корреспондирующий автор (lazaromba[at]outlook.es)

Аннотация

В работе рассматриваются вопросы изменения уровня добычи нефти за последние годы и обзор геологического строения нефтяной окраины Республики Экваториальная Гвинея (РЭГ). Анализ материалов предшественников показал, что регион обладает большими объемами запасов нефти и газа, которые на протяжении многих лет представляют интерес для привлечения иностранных инвестиций. На сегодняшний день в стране имеется более 1,5 триллиона кубических футов запасов природного газа и примерно 1,1 миллиарда баррелей сырой нефти. Поскольку министр горнодобывающей промышленности и углеводородов Экваториальной Гвинеи (ММН) ведет активную кампанию по увеличению инвестиций в новые перспективы разведки и добычи, чтобы стимулировать развитие крупномасштабных проектов, новый Закон об углеводородах будет стимулировать прогресс нефтегазовой отрасли, поощряя инвестиции и ускоряя развитие энергетического сектора. Экономика Экваториальной Гвинеи сильно зависит от нефтегазовой промышленности, на которую приходится более 60% ее валового внутреннего продукта (ВВП), 80% ее налоговых поступлений и 86% ее экспорта в 2015 году, согласно последним оценкам из официальных докладов Международного валютного фонда. Исследуются перспективы роста, включая освоение ресурсов нефти, природного газа и других полезных ископаемых. Вместе с тем, в последние годы наблюдается снижение ВВП за счет падения доходов от производства углеводородов. Также причиной этому может служить низкая активность открытия новых нефтяных и газовых залежей, что не позволяет интенсивно развиваться минерально-сырьевой базе углеводородов.

Ключевые слова: Республика Экваториальная Гвинея; экономика; сырая нефть; природный газ; геология; Закон об углеводородах, перспективы роста; полезные ископаемые.

**RESERVES AND NEW PROSPECTS OF HYDROCARBON RAW MATERIALS
OF THE REPUBLIC OF EQUATORIAL GUINEA**

Research article

Ondo Ayenwege L.M.*

Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia

* Corresponding author (lazaromba[at]outlook.es)

Abstract

The paper discusses the issues of changes in the level of oil production in recent years and a review of the geological structure of the oil margin of the Republic of Equatorial Guinea. An analysis of the materials of the predecessors shows that the region has large volumes of oil and gas reserves, which have presented interest for investment for many years. Today, the country has more than 1.5 trillion cubic feet of natural gas reserves and approximately 1.1 billion barrels of crude oil. As the Minister of Mining and Hydrocarbons of Equatorial Guinea (MMH) actively campaigns to increase investment in new exploration and production prospects to stimulate the development of large-scale projects, the new Hydrocarbon Law will stimulate the progress of the oil and gas industry, encouraging investment and accelerating the development of the energy sector. Equatorial Guinea's economy is heavily dependent on the oil and gas industry, which accounts for more than 60% of its gross domestic product (GDP), 80% of its tax revenues and 86% of its exports in 2015, according to the latest estimates from official reports of the International Monetary Fund. The prospects for growth, including the development of oil, natural gas and other mineral resources, are being investigated. At the same time, in recent years there has been a decline in GDP due to a drop in revenues from the production of hydrocarbons. Also, the reason for this may be the low activity of the discovery of new oil and gas deposits, which does not allow for the intensive development of the mineral resource base of hydrocarbons.

Keywords: Republic of Equatorial Guinea; economy; crude oil; natural gas; geology; Law on hydrocarbons, growth prospects; minerals.

Введение

Экваториальная Гвинея расположена в центре динамично развивающейся нефтяной провинции на шельфе Западной Африки и в настоящее время является значительной нефтедобывающей страной. Активная разведка в 1990-х годах в сочетании с быстрой разработкой месторождений привела к росту добычи жидких углеводородов с менее чем 2000 баррелей в сутки в 1992 году до среднего уровня 2004 года, превышающего 400 000 баррелей в сутки. В настоящее время нефтедобыча доминирует в экономике Экваториальной Гвинеи, доходы от продажи нефти составляют более 90% национального дохода, а нефтяной сектор является движущей силой постоянного роста ВВП Экваториальной Гвинеи и быстрого развития страны [1]. С созданием в 2001 году национальной нефтяной компании «GEPetrol» Экваториальная Гвинея приступила к этапу расширения местного участия в экономическом росте и диверсификации. Государство добилось быстрого прогресса в монетизации своих газовых ресурсов. В 2007 г. была построена первая линия транспортировки сжиженного природного газа, и страна начала позиционировать себя как газовый центр в восточной части Гвинейского залива. Этому расширению газового бизнеса способствовало участие новое национальной газовой

компании «SonagasGE». Основные перспективы развития нефтегазодобывающей отрасли в настоящий момент связывают с освоением бассейна Рио-Муни и морского шельфа Биоко (рис. 1). Бассейн Рио-Муни является частью Западно-Африканской окраины, сформировавшейся во время разделения континентов и образования Южно-Атлантического океана в меловой и третичный периоды, которая содержит перспективные отложения меловой и третичной систем, сформировавшийся на территории рифта, образовавшийся в раннемеловую эпоху.

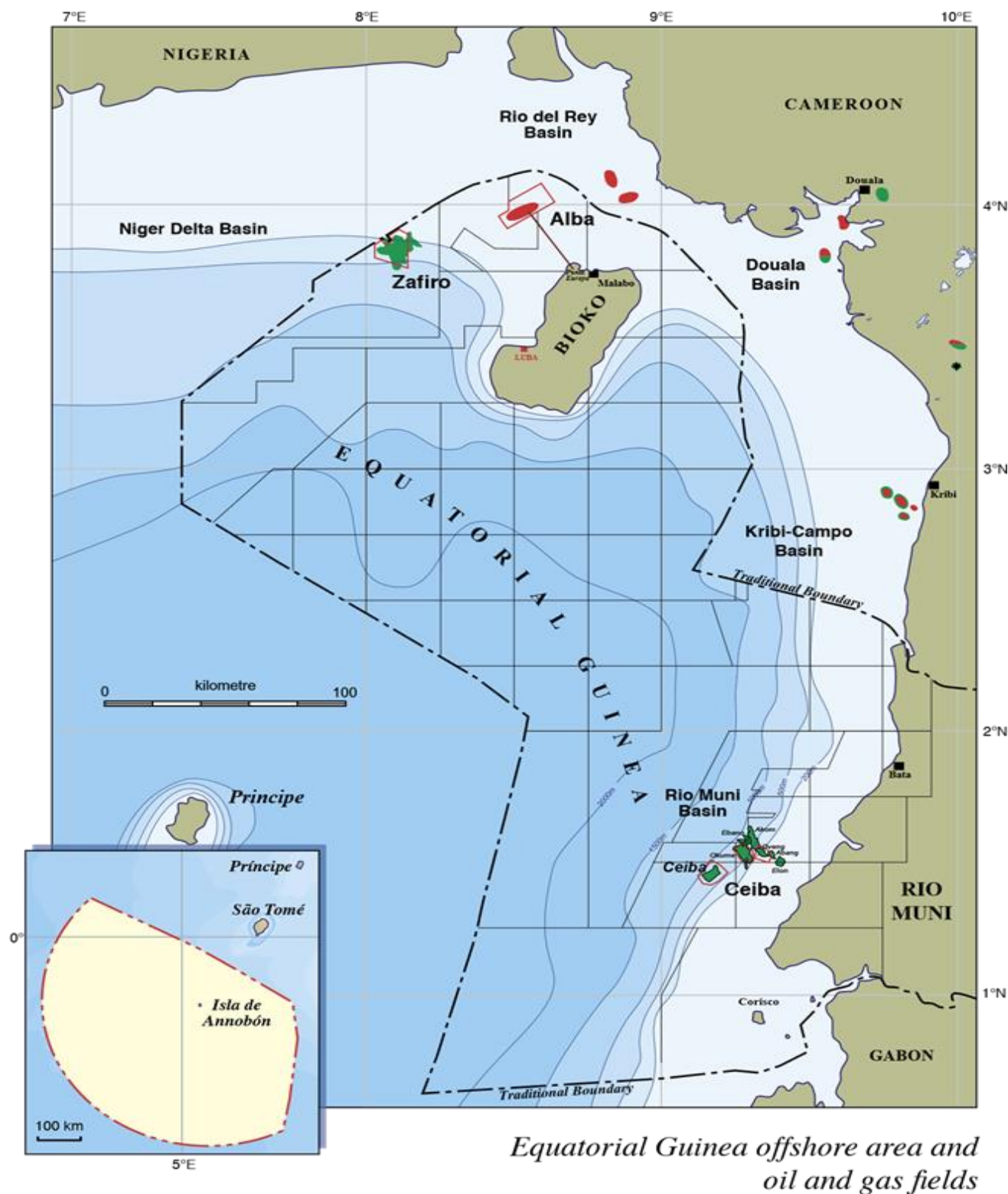


Рис. 1 – Морской район Экваториальной Гвинеи и месторождения нефти и газа

Сейсморазведочные работы (метод общей глубинной точки – МОГТ 2D) на территории этого Блока были проведены в 2002 году в объёме 1084 погонных км [2]. Результаты позволили выявить нескольких потенциально перспективных объектов, связанных со значительными амплитудными аномалиями. Для подготовки этих объектов к проведению бурения потребовались детальные сейсмические исследования. При обработке полученных результатов были проводились специальные исследования, в том числе ДУО-анализ, для получения более полной информации о выявленных и подготовленных к бурению структурах. В районе перспективных объектов, охваченных сейсмическими

данными, глубина акватории составляет от 750 до 1500 м. Недавно международным операторам было выдано несколько лицензий на участки на шельфе Сан-Томе и Принсипи, Габона и Экваториальной Гвинеи.

Новые исследования сейсморазведки 3D, охватывающие площадь 8 400 км² [3], позволили выявить большое количество новых месторождений углеводородов в Экваториальной Гвинее. В настоящее время на основании проведённых исследований отдельных углеводородных систем Экваториальной Гвинеи отмечается снижение прироста доказанных запасов углеводородов (нефти и газа) как в нижнемиоценовых, так и в верхнемеловых-палеогеновых месторождениях. Многочисленные сейсморазведочные исследования 3D, выполненные компанией «Геоех», уточняют перспективы данного региона. На рисунке 2 изображён разрез верхнемелового отдела, характерный для окраины Дуала-Рио-Муни.

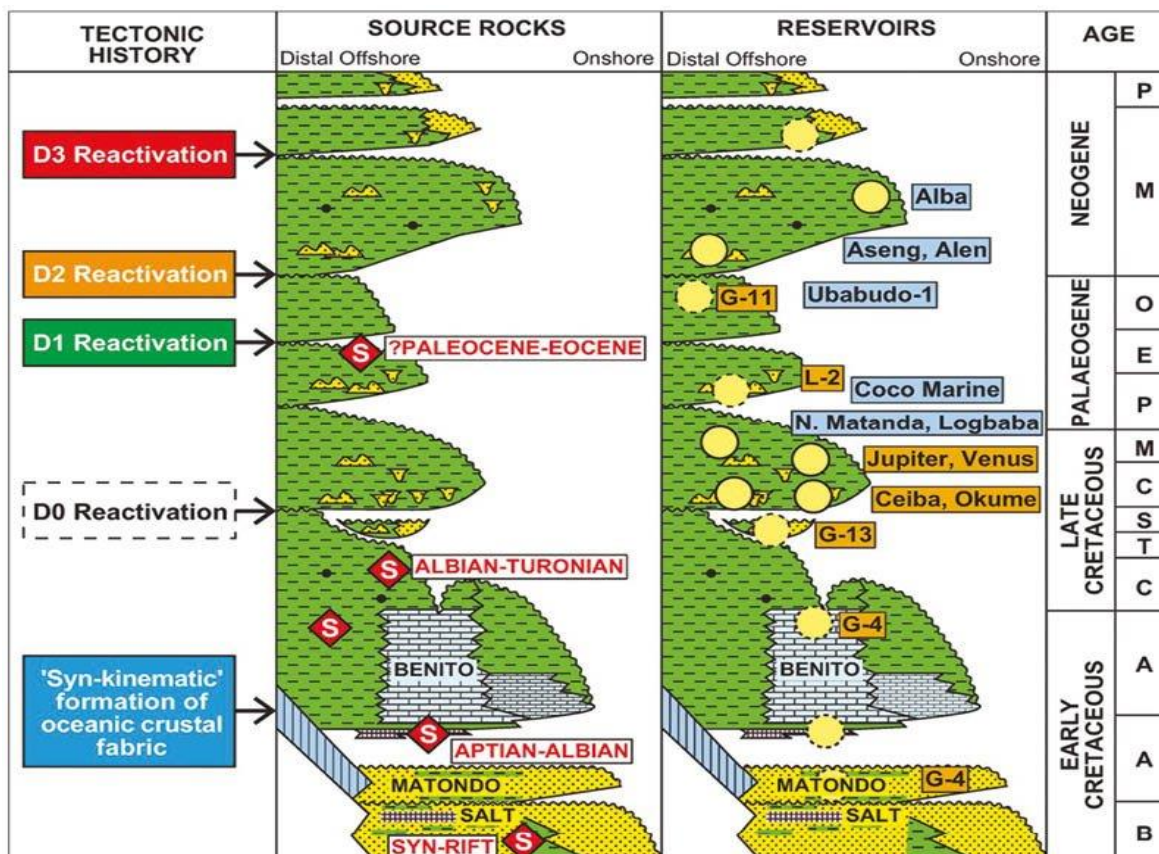


Рис. 2 – Стратиграфия и нефтяная геология окраины Дуала-Рио-Муни [4]

Миоценовые песчаные тела распространены вдоль главной оси бассейна Дуала (рис. 3 и 4). В составе пластов меловая-палеогеновой систем отмечается увеличение алевролита-песчанового материала в направлении от континентальной окраины Рио-Муни.

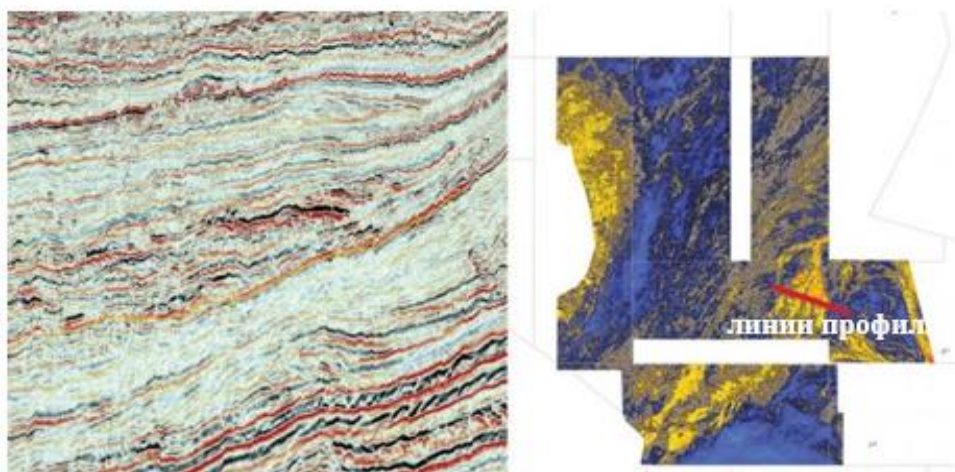


Рис. 3 – Амплитудная характеристика турбидитового веера Аквитании [5]

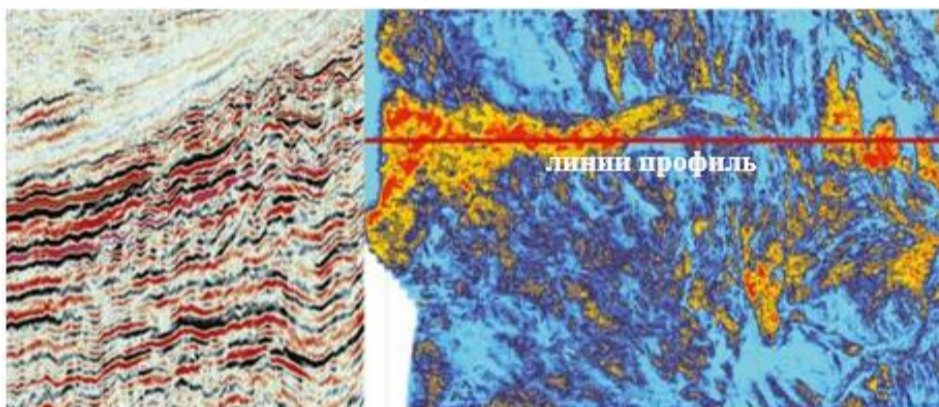


Рис. 4 – Сейсмический профиль и карта амплитуд, отражающий турбидитовое тела на дне нижнего мелового бассейна [5]

На рисунках 3 и 4 показаны примеры выделения амплитуд, соответствующие интервалам залегания отложений нижнемелового и верхнемелово-палеогенового времен, которые также структуру, отражают синкинематические структуры океанической коры фундамента в виде структур спрединг-риджа и зоны океанических разломов. Наблюдается значительная деформация вышележащего осадочного разреза, связанная с повторной активацией структуры фундамента в течение нескольких тектонических эпизодов. Это включает сильное поднятие земной коры вдоль зон разломов в раннем миоцене, которое сыграло роль в формировании вулканических островов и подводных гор Камерунской вулканической линии. Это способствовало расширению возможностей улавливания углеводородов. Перспективы были очерчены путем объединения структурного картирования с применением методов зависимости амплитуды от смещения / угла (AVO / AVA). Аномалии AVO типа II / III (низкий акустический импеданс, высокопористые пески, заполненные углеводородами) характеризуют несколько перспективных объектов, которые были идентифицированы по данным Geox 3D. Подобные аномалии AVO типа II / III соответствовали перспективным объектам, нефтегазоносность которых была доказана последующим бурением в блоках O & I бассейна Дуала (нижний миоцен) и на месторождениях Сейба и Окуме в бассейне Рио-Муни (верхний мел). Все нефтяные ресурсы Экваториальной Гвинеи расположены на шельфе.

В настоящее время основные запасы углеводородов и добыча их сосредоточены на шести ключевых месторождениях, самое крупное из которых – нефтяное месторождение Зафиро, эксплуатируемое ExxonMobil. Доказанные запасы нефти Африки составляют 126,5 млрд. баррелей, что составляет 7,5 % мировых доказанных запасов. Добыча составила 8,1 млн. баррелей в сутки, 8,7 % мирового производства, что на 0,3 % больше, чем в предыдущем году. Экспорт из Африки составляет 6,8 млн. баррелей в сутки, что составляет 10,1 % мирового экспорта [6]. Доказанные запасы газа Африки составляют 487,8 трлн. куб. футов, или 7,1 % доказанных запасов в мире. В среднем мировой прирост запасов составляет около 100 миллионов баррелей нефти в год. На начало 2018 года произошло увеличение запасов на 30% по сравнению с 2017 годом. В Африке было два крупных открытия газа в Сенегале на общую сумму 1,5 млрд. баррелей в год. Нефтяные ресурсы страны неуклонно сократились на треть в период с 2010 по 2017 г. В 2017 г. общие запасы нефти Экваториальной Гвинеи составляли 1 000 000 млрд. баррелей (рис. 5).

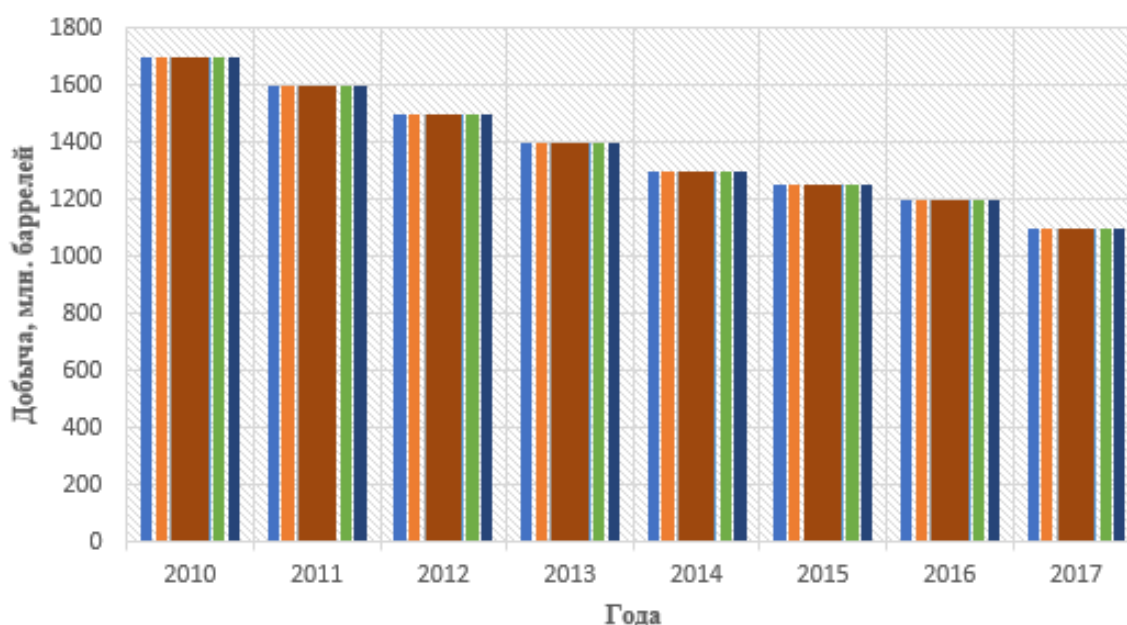


Рис. 5 – Запасы ресурсы

С 2010 по 2017 г. добыча сократилась на 42 % и продолжит снижаться в ближайшие годы из-за отсутствия новых месторождений и созревания нефтяных месторождений (рис. 6). В 2017 г. добыча сырой нефти составила 54 млн. барр.,

полностью добываемой на шельфе. В добавлении к этому падение цен на нефть будет способствовать постепенному сокращению экспорта сырой нефти.

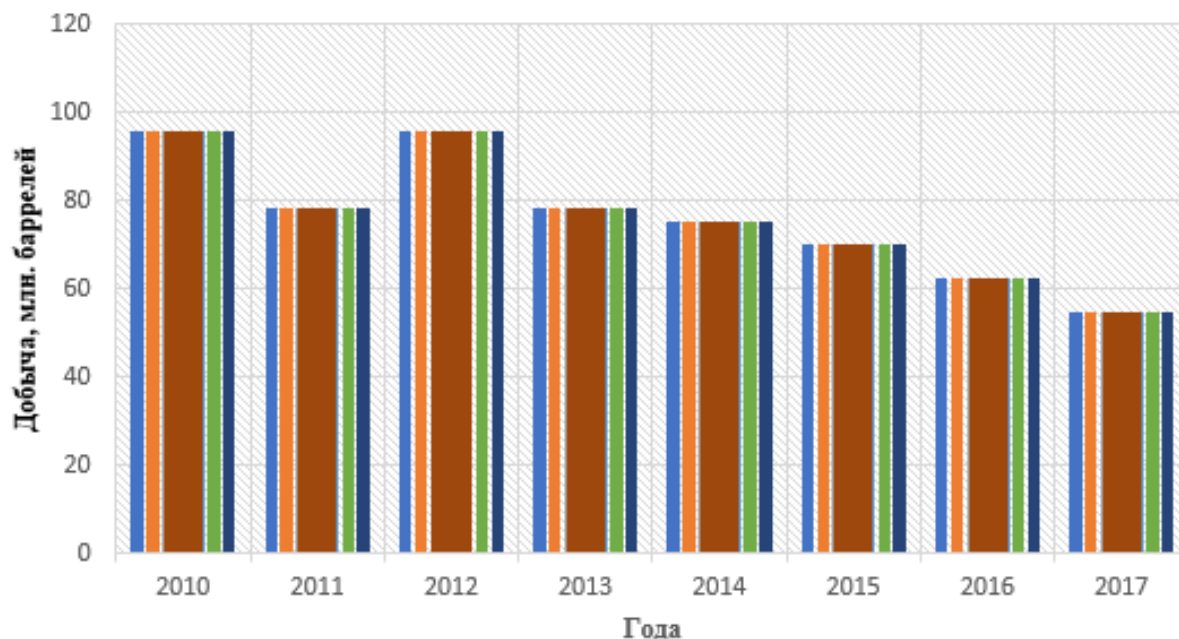


Рис. 6 – Добыча нефти

Потребление нефтепродуктов внутри страны увеличилось на 20 % в период с 2010 по 2017 г. и, как ожидается, будет оставаться стабильным до 2023 г. Умеренный рост потребления в основном обусловлен субсидиями на бензин и дизельное топливо. Тем не менее, потребление нефтепродуктов в стране очень ограничено, и экономические условия будут сдерживать рост потребления. Отсутствие местной нефтеперерабатывающей инфраструктуры, высокие импортные затраты на нефтепродукты и небольшое население также будут негативно влиять на темпы потребления.

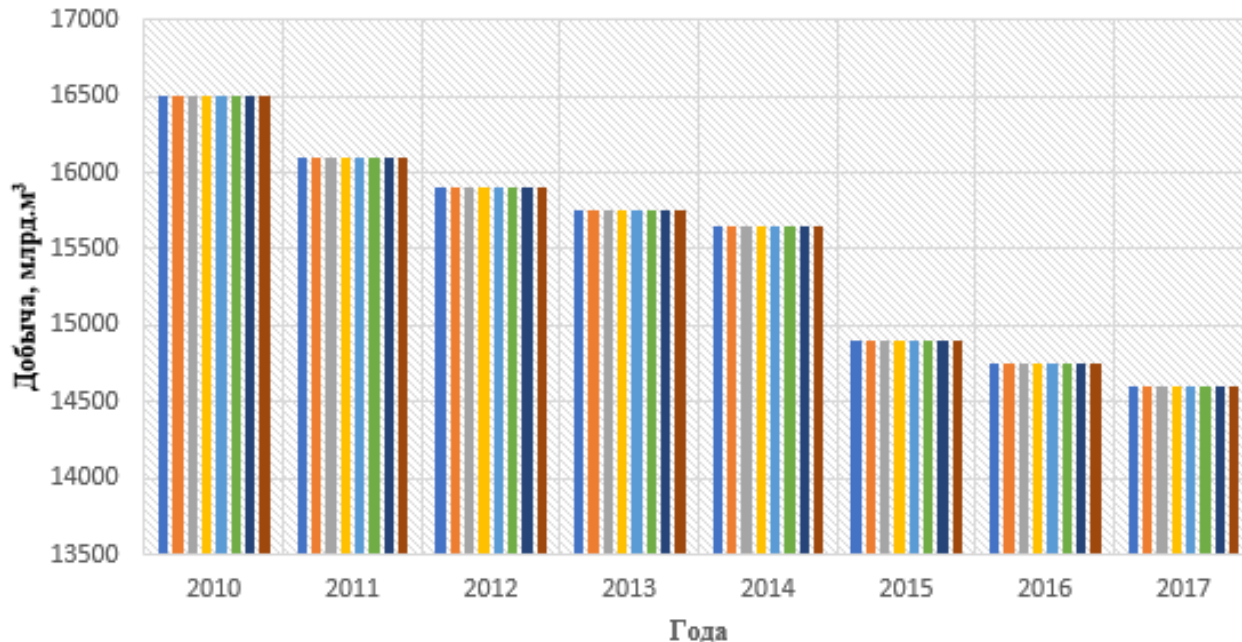


Рис. 7 – Запасы газа

В 2017 г. в Экваториальной Гвинее было добыто 404,95 млрд. м³ газа. Все месторождения газа расположены на шельфе. Запасы газа сократились на 12,3 % в период с 2010 по 2017 г. и неуклонно продолжают уменьшаться. Добыча газа достигла 337 млрд. куб. футов в 2017 г. Добыча увеличилась на 26 % в период между 2010 и 2017 гг., но в ближайшие годы сократится из-за падения добычи на месторождениях Альба и Зафиро.

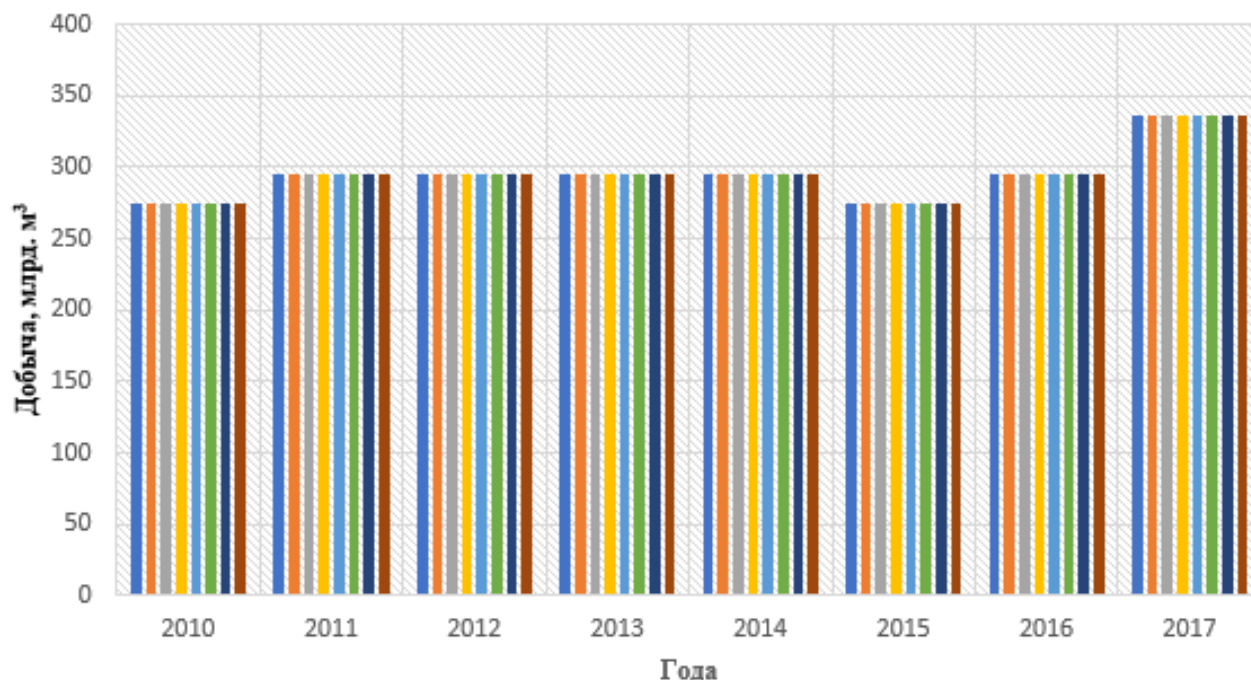


Рис. 8 – Запасы и ресурсы

Большая часть добычи газа в Экваториальной Гвинее осуществляется на месторождении попутного газа Альба, расположенном на шельфе острова Биоко. Нефтяное месторождение Зафино, эксплуатируемое ExxonMobil, также производит большое количество попутного природного газа. Развитие нефтегазодобывающей отрасли во многом определяет экономический потенциал Республики Экваториальная Гвинея в самом ближайшем будущем. Среди Африканских государств по уровню добычи нефти Республика Экваториальная Гвинея занимает седьмое место, газа – девятое [7].

Сегодня Экваториальная Гвинея сильно зависит от добычи и продажи сырой нефти. В частности, падение цен на сырую нефть в 2009 и 2014 годах оказало ощутимое негативное влияние на экономику [8,9]. В настоящее время суммарные запасы нефти и газа открытых месторождений Республики Экваториальная Гвинея оцениваются в 150 млн. тонн и 36 810 млн. куб. м соответственно. В связи с этим, информация о возможном увеличении ресурсной базы углеводородов имеет первостепенное значение. Экономика Экваториальной Гвинеи в значительной степени зависит от нефтяной и газовой промышленности, на долю которой приходится более 60% валового внутреннего продукта (ВВП), 80% налоговых поступлений и 86% экспорта в 2015 году, согласно последним оценкам страновых отчетов Международного валютного фонда. В 2015 году объем добычи углеводородов в Экваториальной Гвинее упал на 8,9%, а общий ВВП снизился на 7,5%. Это оказало давление на фискальную позицию правительства, вынудив его полагаться на внешние займы и государственные сбережения для удовлетворения потребностей в финансировании дефицита. Экваториальная Гвинея намерена увеличить добычу на 20 000 баррелей сырой нефти в день (б/с) к октябрю 2020 г., доведя производство до 140 000 б/с. Являясь членом Организации стран-экспортеров нефти (ОПЕК), Экваториальная Гвинея в настоящее время добывает 120 000 баррелей нефти в сутки. В бюджете Экваториальной Гвинеи на 2020 год цена на нефть прогнозируется на уровне US\$ 51 за баррель [10]. На 2018 год Экваториальная Гвинея располагает 1 100 000 000 баррелей доказанных запасов нефти, занимая 39-е место в мире и составляя около 0,1% от общих мировых запасов нефти, составляющих 1 650 585 140 000 баррелей [11]. Доказанные запасы Экваториальной Гвинеи эквивалентны 579,6-кратному годовому потреблению. Это означает, что без учета чистого экспорта нефти осталось бы примерно на 580 лет (при текущем уровне потребления и без учета недоказанных запасов. По состоянию на 2017 год Экваториальная Гвинея располагает 1,3 трлн кубических футов (1,3 Tcf) доказанных запасов газа, занимая 65-е место в мире и оставляя около 0,019% от общих мировых запасов природного газа, составляющих 6 923 Тс. Доказанные запасы Экваториальной Гвинеи эквивалентны 30,9-кратному годовому потреблению. Это означает, что газа в стране осталось примерно на 31 год (при текущем уровне потребления и без учета недоказанных запасов) [12]. В 2019 году доказанные запасы природного газа Экваториальной Гвинеи составили 39 миллиардов кубометров. Этот объем снизился по сравнению с предыдущими годами. В рассматриваемый период доказанные запасы природного газа в стране в целом ежегодно снижались. Для сравнения, в 2010 году их объем составлял 82 млрд кубометров [13]. Добыча была зафиксирована на уровне 120,179 баррелей в сутки в декабре 2018 года. Это свидетельствует об уменьшении по сравнению с предыдущим числом 128,600 баррелей в сутки в декабре 2017 года [14]. В декабре 2020 года, добыча сырой нефти в Экваториальной Гвинее составила 113,575 баррелей в день. Это увеличение по сравнению с предыдущим показателем в 109,583 баррелей/сутки в декабре 2019 года [15].

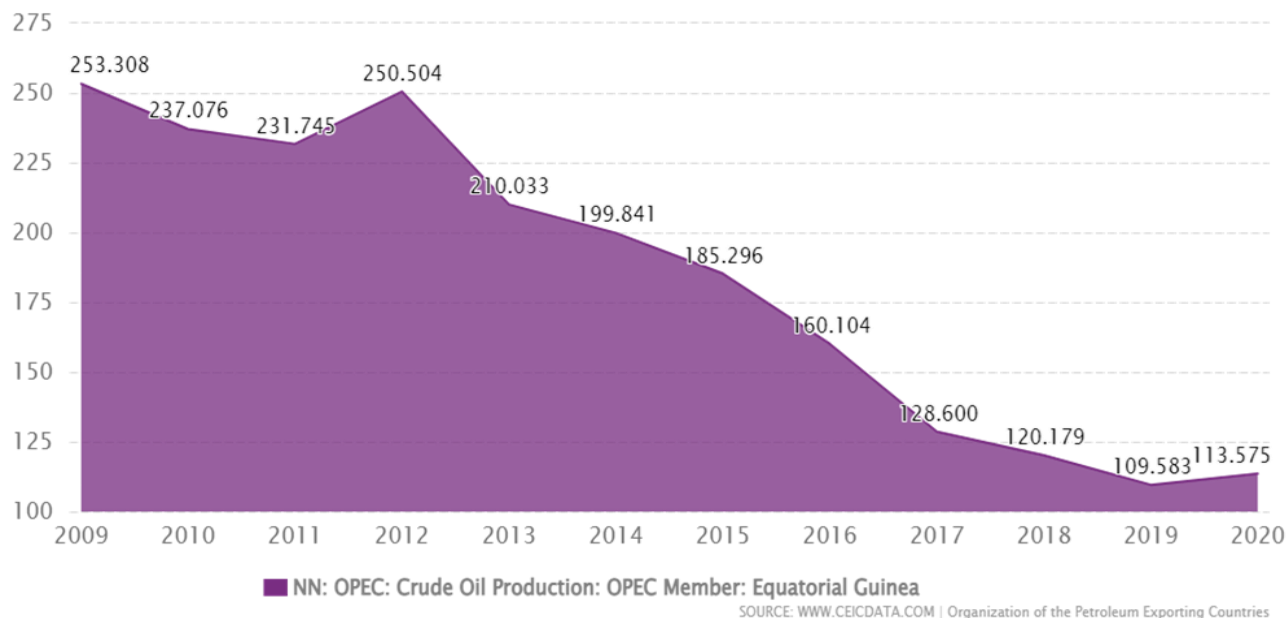


Рис. 9 – ОПЕК: Динамика добычи сырой нефти в Экваториальной Гвинеи: данные по добыче остаются активными в CEIC и сообщаются Организацией экспорта нефти Страны [15]

Добыча нефти в 2019 году составит около 113 000 баррелей в сутки, по сравнению с 120 000 баррелей в сутки в 2018 году. Министр горнодобывающей промышленности и углеводородов Экваториальной Гвинеи (ММН) положительно оценивает это, говоря, что спад мог бы быть еще хуже - возможно, до 100 000 баррелей в день - если бы не предпринимаемые британскими независимыми компаниями Trident Energy, ExxonMobil и другими усилия по увеличению добычи на существующих месторождениях. В декабре 2021 года, добыча сырой нефти в Экваториальной Гвинее увеличилась до 88 тыс. баррелей/день в январе с 85 тыс. баррелей/день [16].

Выводы

Не смотря на различные обстоятельства в области геополитики, необходимость использования и переработки нефти в стране и мире остается на высоком уровне. Остается актуальной проблема изучения континентальной и шельфовой частей страны. Анализ результатов сейсмических исследований, проведенных предшественниками, представляет интерес. Опираясь на геологическое строение и структурные особенности шельфовой части страны, перспективы увеличения минерально-сырьевой базы углеводородов большие.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Hydrocarbons and Mining in Equatorial Guinea. Petroleum potential: introduction. [Electronic resource]. URL: <https://pdfslide.net/documents/hydrocarbons-and-mining-in-equatorial-guinea-2012-02-17-1-equatorial-guinea.html?page=3>. (accessed: 15.03.2022).
2. Хаин В.Е. Крупные и гигантские углеводородные скопления в переходной зоне континент-океан / В.Е. Хаин, И.Д. Полякова // Геотектоника. - 2008. - № 3. - С. 3-17.
3. Irons C. Africa. New Hydrocarbon Prospects in Equatorial Guinea: new 3D surveys, covering over 8,400 km², have identified a large number of new hydrocarbon prospects in Equatorial Guinea / Chris Irons and Richard Bray // Geo expo: exploration Vol. 15, No. 1 - 2018.
4. Lawrence, S.R. Deformation of oceanic crust in the eastern Gulf of Guinea: role in the evolution of the Cameroon Volcanic Line and influence on the petroleum endowment of the Douala-Rio Muni Basin / S.R. Lawrence, A. Beach, O. Jackson, et al. // Special Publications, 438, 26 - 7.
5. Geoex mcg. Equatorial Guinea's Distal Hydrocarbon Systems (30 April 2019): Geological Evolution. [Electronic resource]. URL: <https://geoexmcg.com/news-archive/Equatorial-Guinea-s-Distal-Hydrocarbon-Systems> (accessed: 15.03.2022).
6. Graham E. Oil exploration and production in Sub-Saharan Africa, 1990-present: Trends and developments / Emmanuel Graham, Jesse Salah Ovidia // The Extractive Industries and Society. Volume 6. Issue 2. 2019. Pages. 593-609. DOI: 10.1016/j.exis.2019.02.001.
7. Frynas J. G. The oil boom in Equatorial Guinea / Jędrzej George Frynas // African Affairs, October 2004. Pages. 527-546. 103. DOI: 10.1093/afraf/adh085.
8. Schlüter, T. Geological Atlas of Africa: With Notes on Stratigraphy, Tectonics, Economic Geology, Geohazards, Geosites and Geoscientific Education of Each Country / Schlüter, Thomas // Springer Science & Business Media. Retrieved February 19, 2022.
9. Good-fit practice activities in the international oil, gas & mining industries («Extractive industries, petroleum». Extractive industries) // EISourceBook – [Electronic resource]. URL: http://www.eisourcebook.org/1409_ExtractiveIndustries.html. (accessed: 01.02.2022).

10. Denuola O. Pumps Africa (the journal for Pump industry leaders). Equatorial Guinea to Increase Oil Output in 2020 / O. Denuola. [Electronic resource]. URL: <https://pumps-africa.com/equatorial-guinea-to-increase-oil-output-in-2020-2/> (accessed: 15.03.2022).
 11. Statistical Review of World Energy - British Petroleum. Equatorial Guinea Oil: Oil Reserves in Equatorial Guinea // Worldometer – [Electronic resource]. URL: <https://www.worldometers.info/oil/equatorial-guinea-oil/> (accessed: 15.03.2022).
 12. U.S. Energy Information Administration (EIA). Equatorial Guinea Natural Gas: Gas Reserves in Equatorial Guinea. Worldometer – [Electronic resource]. URL: <https://www.worldometers.info/gas/equatorial-guinea-natural-gas/> (accessed: 15.03.2022).
 13. Saleh M. Statista, welcome RUDN University: proven natural gas reserves in Equatorial Guinea 2010-2019 / Mariam Saleh. [Electronic resource]. URL: <https://www.statista.com/statistics/1267819/proven-natural-gas-reserves-in-equatorial-guinea/> (accessed: 15.03.2022).
 14. Хаин В.Е. Глубоководная окраина Восточной Арктики - перспективный объект для поисков нефти и газа / В.Е. Хаин, И.Д. Полякова // Докл. РАН. - 2006. - Т.410. - № 2. - С. 234-238.
 15. CEIC. Equatorial Guinea Crude Oil: Production.1960 - 2020 organization of the petroleum exporting countries. [Electronic resource]. URL: <https://www.ceicdata.com/en/indicator/equatorial-guinea/crude-oil-production> (accessed: 15.03.2022).
 16. Trading economics, «Organization of the Petroleum Exporting Countries»: Equatorial Guinea Crude Oil Production. - 2022. [Electronic resource]. URL: <https://tradingeconomics.com/equatorial-guinea/crude-oil-production> (accessed: 15.03.2022).
- Список литературы на английском языке / References in English**
1. Hydrocarbons and Mining in Equatorial Guinea. Petroleum potential: introduction. [Electronic resource]. URL: <https://pdfslide.net/documents/hydrocarbons-and-mining-in-equatorial-guinea-2012-02-17-1-equatorial-guinea.html?page=3>. (accessed: 15.03.2022).
 2. Hain V.E. Krupnye i gigantskie uglevodorodnye skopleniya v perehodoj zone kontinent-okean [Large and giant hydrocarbon accumulations in the continent-ocean transition zone] / V.E. Hain, I.D. Polyakova // Geotektonika [Geotectonics]. - 2008. - № 3. - P. 3-17. [in Russian]
 3. Irons C. Africa. New Hydrocarbon Prospects in Equatorial Guinea: new 3D surveys, covering over 8,400 km², have identified a large number of new hydrocarbon prospects in Equatorial Guinea / Chris Irons and Richard Bray // Geo expro: exploration Vol. 15, No. 1 - 2018.
 4. Lawrence, S.R. Deformation of oceanic crust in the eastern Gulf of Guinea: role in the evolution of the Cameroon Volcanic Line and influence on the petroleum endowment of the Douala-Rio Muni Basin / S.R. Lawrence, A. Beach, O. Jackson, et al. // Special Publications, 438, 26 - 7.
 5. Geoex mcg. Equatorial Guinea's Distal Hydrocarbon Systems (30 April 2019): Geological Evolution. [Electronic resource]. URL: <https://geoexmcg.com/news-archive/Equatorial-Guinea-s-Distal-Hydrocarbon-Systems> (accessed: 15.03.2022).
 6. Graham E. Oil exploration and production in Sub-Saharan Africa, 1990-present: Trends and developments / Emmanuel Graham, Jesse Salah Oviada // The Extractive Industries and Society. Volume 6. Issue 2. 2019. Pages. 593-609. DOI: 10.1016/j.exis.2019.02.001.
 7. Frynas J. G. The oil boom in Equatorial Guinea / Jędrzej George Frynas // African Affairs, October 2004. Pages. 527–546. 103. DOI: 10.1093/afraf/adh085.
 8. Schlüter, T. Geological Atlas of Africa: With Notes on Stratigraphy, Tectonics, Economic Geology, Geohazards, Geosites and Geoscientific Education of Each Country / Schlüter, Thomas // Springer Science & Business Media. Retrieved February 19, 2022.
 9. Good-fit practice activities in the international oil, gas & mining industries («Extractive industries, petroleum»). Extractive industries) // EISourceBook – [Electronic resource]. URL: http://www.eisourcebook.org/1409_ExtractiveIndustries.html. (accessed: 01.02.2022).
 10. Denuola O. Pumps Africa (the journal for Pump industry leaders). Equatorial Guinea to Increase Oil Output in 2020 / O. Denuola. [Electronic resource]. URL: <https://pumps-africa.com/equatorial-guinea-to-increase-oil-output-in-2020-2/> (accessed: 15.03.2022).
 11. Statistical Review of World Energy - British Petroleum. Equatorial Guinea Oil: Oil Reserves in Equatorial Guinea // Worldometer – [Electronic resource]. URL: <https://www.worldometers.info/oil/equatorial-guinea-oil/> (accessed: 15.03.2022).
 12. U.S. Energy Information Administration (EIA). Equatorial Guinea Natural Gas: Gas Reserves in Equatorial Guinea. Worldometer – [Electronic resource]. URL: <https://www.worldometers.info/gas/equatorial-guinea-natural-gas/> (accessed: 15.03.2022).
 13. Saleh M. Statista, welcome RUDN University: proven natural gas reserves in Equatorial Guinea 2010-2019 / Mariam Saleh. [Electronic resource]. URL: <https://www.statista.com/statistics/1267819/proven-natural-gas-reserves-in-equatorial-guinea/> (accessed: 15.03.2022).
 14. Khain V.E. . Glubokovodnaja okraina Vostochnoj Arktiki - perspektivnyj ob'ekt dlja poiskov nefi i gaza [The deep-water margin of the Eastern Arctic is a promising object for oil and gas prospecting] / V.E. Khain, I.D. Polyakova // Doklady RAN. - 2006. - Vol.410. - № 2. - P. 234-238. [in Russian]
 15. CEIC. Equatorial Guinea Crude Oil: Production.1960 - 2020 organization of the petroleum exporting countries. [Electronic resource]. URL: <https://www.ceicdata.com/en/indicator/equatorial-guinea/crude-oil-production> (accessed: 15.03.2022).
 16. Trading economics, «Organization of the Petroleum Exporting Countries»: Equatorial Guinea Crude Oil Production. - 2022. [Electronic resource]. URL: <https://tradingeconomics.com/equatorial-guinea/crude-oil-production> (accessed: 15.03.2022).

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.118.4.072>**РАСЧЕТ ПЕРЕНОСА CO₂ В АТМОСФЕРЕ НА БАЗЕ МОДЕЛИ ОБЩЕЙ ЦИРКУЛЯЦИИ АТМОСФЕРЫ**

Научная статья

Пархоменко В.П.*

ORCID: 0000-0002-9963-0496,

Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской Академии, Москва, Россия

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

Аннотация

Целью данной работы является изучение подходов к построению совместной модели, включающей взаимодействующие глобальные модель климата и модель цикла углерода, описывающую производственный процесс в масштабе планеты. Основной задачей этого этапа исследования была отработка методики расчета переноса и вертикального перемешивания CO₂ в атмосфере на базе модели общей циркуляции атмосферы и оценка влияния этих процессов на его концентрацию в атмосфере. Для описания производственных процессов применена модель с 7 типами растительности и упрощенным описанием фотосинтеза. Приведены результаты численных экспериментов с применением этого комплекса моделей.

Ключевые слова: цикл CO₂, модель общей циркуляции атмосферы, численные эксперименты.

**CALCULATION OF CO₂ TRANSFER IN THE ATMOSPHERE
BASED ON THE GENERAL ATMOSPHERIC CIRCULATION MODEL**

Research article

Parkhomenko V.P.*

ORCID: 0000-0002-9963-0496,

Federal Research Center «Informatics and Management» of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

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

Abstract

The current article aims to examine approaches to the construction of a joint model that includes an interacting global climate model and a carbon cycle model that describes the production process on a global scale. The main task of this stage of the study was to develop a methodology for calculating the transport and vertical mixing of CO₂ in the atmosphere based on a model of the general circulation of the atmosphere and to assess the impact of these processes on its concentration in the atmosphere. To describe the production processes, the study uses a model with 7 types of vegetation and a simplified description of photosynthesis. The article also presents the results of numerical experiments using this set of models.

Keywords: CO₂ cycle, general atmospheric circulation model, numerical experiments.

Введение

Особое место при анализе биогеохимических циклов имеет круговорот (цикл) углерода. Сухое органическое вещество примерно наполовину состоит из углерода. Углерод в атмосфере находится в основном в виде парникового газа - двуокиси углерода, а значит, влияет на климат планеты [1].

Продуктом фотосинтеза является органическое вещество растений и кислород, который поступает в атмосферу и затем используется в процессе дыхания всеми живыми организмами, в том числе и самими растениями.

Практически вся биомасса сосредоточена на суше - суммарное количество углерода в живом органическом веществе суши примерно такое же, как и количество углерода в атмосфере (соответственно, 1000 млрд. т и 700 млрд. т.) Количество углерода в живом веществе океана почти в 15 тыс. раз меньше, чем углерода в растительности на суше.

Закономерности распределения растительности на суше определяются в основном климатическими факторами - наличием тепла и влаги. Максимальное значение массы растительности на единицу площади наблюдается в тропическом поясе (наиболее обеспеченном теплом) в лесах. Недостаток влаги в этом же поясе сопровождается резким обеднением жизни в тропических пустынях. Недостаток тепла в высоких широтах определяет малую биомассу растительности в Арктике.

Целью данной работы является изучение подходов к построению совместной модели, включающей взаимодействующие глобальные модель климата и модель цикла углерода, описывающую производственный процесс в масштабе планеты. Антропогенные выбросы могут быть эффективно учтены сценарным образом. Отработана методика расчета переноса и вертикального перемешивания CO₂ в атмосфере на базе модели общей циркуляции атмосферы. Проведена оценка влияния этих процессов на концентрацию этого газа в атмосфере. В настоящее время представляется актуальным и практически значимым, в частности, для прогнозирования климатических изменений, разработка комплекса глобальных моделей, описывающих совместное функционирование климата и биосферы. Частью этого исследования является настоящая работа.

Описание комплекса моделей и основные результаты

Для описания глобальных производственных процессов применена упрощенная модель с 7 типами растительности (тундра, лес, полупустыня, степи, мелколесье, пустыня, континентальный лед) и упрощенным описанием фотосинтеза.

Цикл углерода для каждого типа поверхности описывается дифференциальным уравнением [2], [3], [4]:

$$dc/dt = -F + R + R_{\text{soil}},$$

где c - концентрация углерода в атмосфере, F - фотосинтез, R - дыхание поддержания растения, R_{soil} - дыхание почвы.

Для описания фотосинтеза использована формула:

$$F = f(T) \cdot f(P) \cdot f(I)$$

Зависимость от температуры воздуха задается формулой:

$$f(T) = \begin{cases} \alpha \cdot (\theta - T_m)^3, & \text{если } T > \theta \\ \alpha \cdot (T - T_m)^3, & \text{если } T_m < T < \theta \\ 0, & \text{если } T_m > T \end{cases}$$

где T_m - нижний предел фотосинтеза (задается для каждого экотипа), θ - температура, при которой фотосинтез достигает максимального значения и дальше не увеличивается, α - коэффициент наклона (зависит от экотипа)

Зависимость от осадков задается формулой:

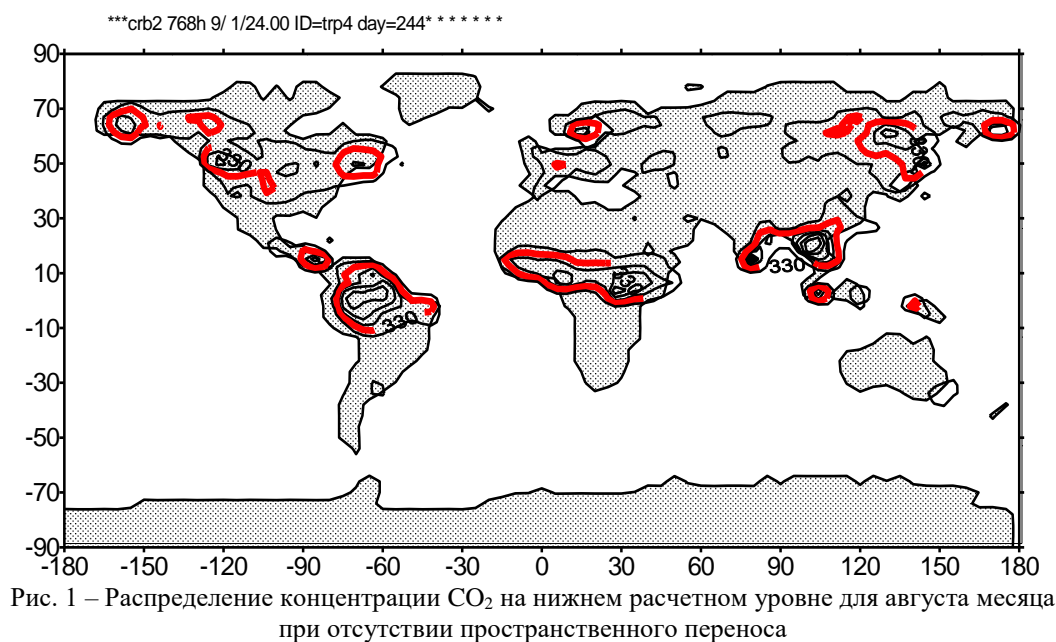
$$f(P) = \begin{cases} P^2, & \text{если } P > P_{\min} \\ 0, & \text{если } P < P_{\min} \end{cases}$$

где P_{\min} - минимальные осадки, при которых начинается фотосинтез (фиксируется своё значение для каждого из 7 экотипов).

Функция $f(I)$ определяет зависимость фотосинтеза от типа поверхности I .

В простейшем случае дыхание поддержания можно считать пропорциональным фотосинтезу. Член R_{soil} имеет сложный вид зависимости от осадков, температуры и количества гумуса в ячейке. В данном случае R_{soil} не учитываем, т.к. не влияет на характерный вид кривой годичной продукции.

Начальное распределение CO_2 в атмосфере предполагается равномерным с концентрацией 360 ppm. На рисунке 1 показано установившееся распределение концентрации CO_2 на нижнем расчетном уровне для августа месяца при отсутствии пространственного переноса углекислого газа. Области пониженной концентрации (330 ppm и менее) выделены жирными изолиниями и определяют области интенсивного. На верхнем расчетном уровне, как и следовало ожидать, концентрация остается неизменной.



Из полученных результатов следует, что модель качественно верно воспроизводит относительную величину сезонных колебаний, а также распределение CO_2 в атмосфере. Кроме того, воспроизводится общая тенденция к снижению амплитуды сезонных колебаний продукции в атмосфере по мере приближения к экватору.

Модель общей циркуляции атмосферы [5], [6], описывает тропосферу, расположенную ниже предполагаемого уровня изобарической тропопаузы (200 мбар). Система трехмерных дифференциальных уравнений модели атмосферы,

так называемая система примитивных уравнений [6], [7], включает в себя уравнение, описывающее гидростатическое приближение по вертикали, прогностическое уравнение, описывающее закон сохранения массы сухого воздуха, прогностическое уравнение для сохранения влагосодержания в атмосфере, динамические прогностические уравнения для горизонтальных компонент скорости и термодинамическое уравнение сохранения энергии. Уравнения дополняются соответствующими граничными условиями и, таким образом, получается замкнутая динамическая система.

Для определения источников водяного пара и тепла применяются модели, описывающие гидрологический цикл и процессы распространения теплового и солнечного излучения [8]. Испарение, конденсация и конвекция зависят от термического состояния атмосферы, которое в свою очередь является функцией обмена теплом, имеющим место в этих процессах. На каждом шаге модифицируется термическое состояние атмосферы, новые значения температуры используются на следующем шаге.

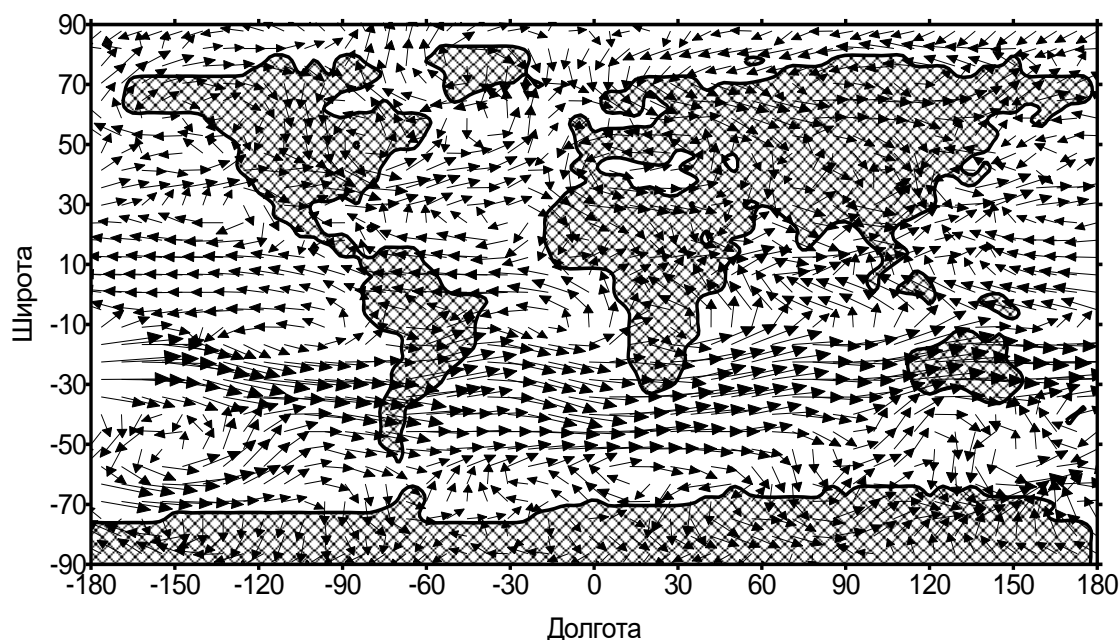


Рис. 2 – Расчетные горизонтальные скорости

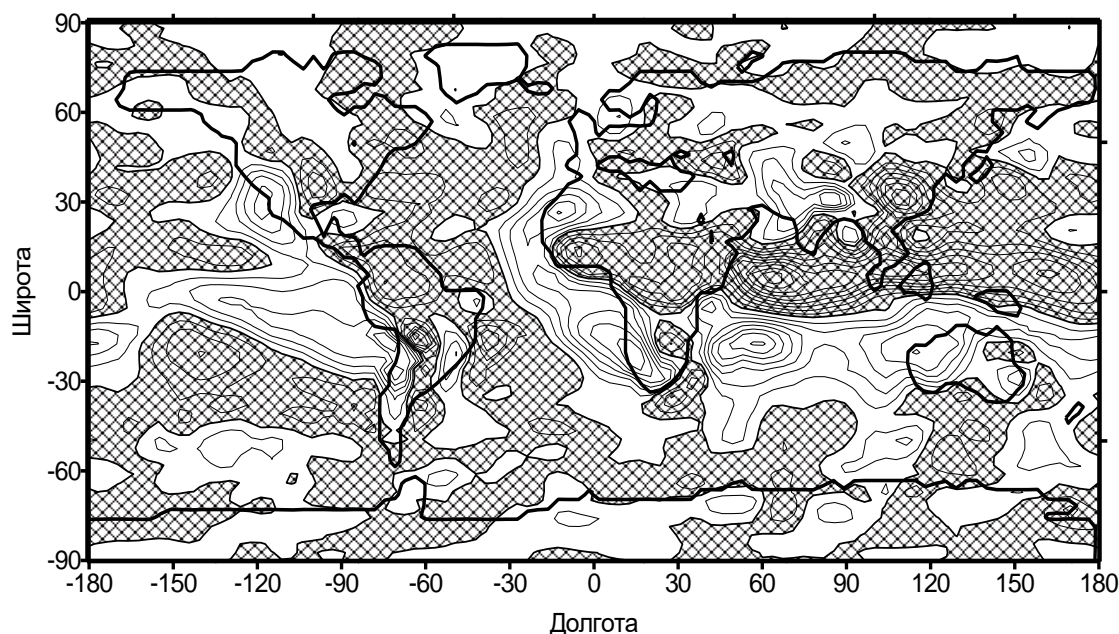


Рис. 3 – Изолинии поля вертикальной скорости

На рисунке 2 показаны результаты расчетов поля горизонтальных скоростей воздуха на уровне 800 Мбар, позволяющие использовать их для расчета дальнего переноса атмосферного CO_2 . На рисунке 3 приведены изолинии вертикальных потоков воздуха. Заштрихованные области определяют направленный вверх перенос, остальные – направленный вниз. Их анализ позволяет судить о поведении примесей в атмосфере.

Рассчитанные и осредненные за сутки скорость ветра, приземная температура, осадки, нагревание поверхности в каждой расчетной ячейке используются в модели биогеохимического цикла. В свою очередь, характеристики растительного покрова и концентрация CO_2 определяются в модели биогеохимического цикла и оказывают влияние на климатические характеристики через парниковый эффект.

Для описания процессов переноса CO_2 в атмосфере используется уравнение переноса примеси в атмосфере [5], [9]. Оно имеет следующий вид:

$$\frac{\partial}{\partial t} \pi c + \nabla \cdot \pi c V + \frac{\partial}{\partial \sigma} \pi c \dot{\sigma} = \pi \dot{C},$$

где π – определяется давлением воздуха, σ – вертикальная координата, t – время, c – концентрация CO_2 в атмосфере, \dot{C} – источники или стоки CO_2 на подстилающей поверхности, определяющиеся продукционными процессами. Скорости V в данном уравнении определяются в модели атмосферы. Концентрация вычисляется на двух основных расчетных уровнях по вертикали.

Уравнение переноса решается с шагом по времени, совпадающим с шагом решения уравнений циркуляции атмосферы [10]. Правая часть уравнения вычисляется один раз в сутки из модели продукционного процесса.

На рисунке 4 показаны результаты расчета распределения концентрации CO_2 с учетом переноса для нижнего расчетного уровня. Области пониженной концентрации существенно уменьшились и несколько сместились в результате переноса и перемешивания на нижнем уровне. На верхнем уровне развивается слабая неравномерность распределения, что связано с отсутствием источников CO_2 в атмосфере и наличием вертикальных потоков.

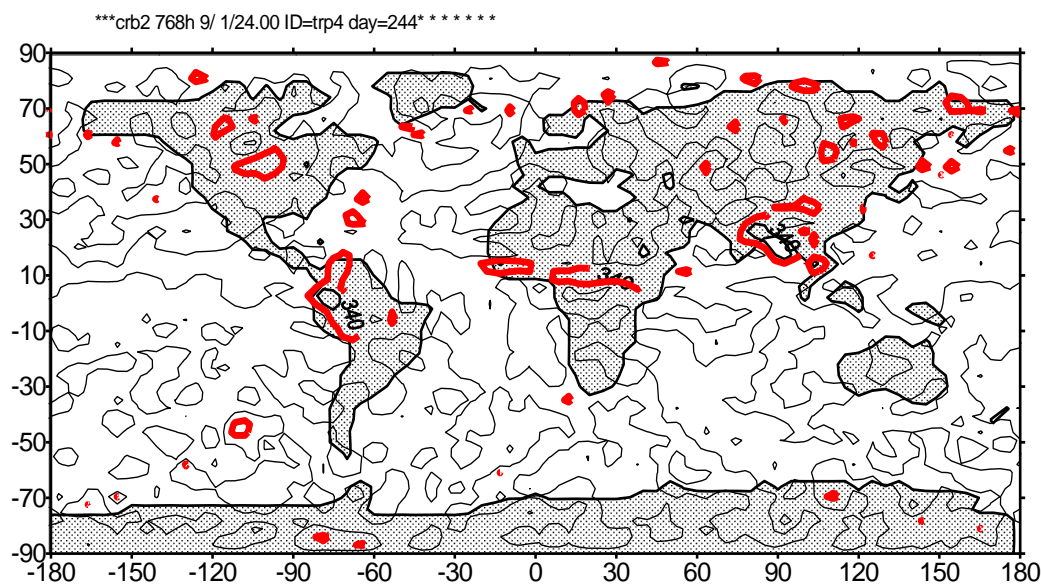


Рис. 4 – Распределение концентрации CO_2 на нижнем расчетном уровне с учетом переноса для августа месяца

Заключение

Учет в модели суточного и сезонного переноса CO_2 в атмосфере позволил описать динамику изменения концентрации CO_2 для всей атмосферы. Отработана методика расчета переноса и вертикального перемешивания CO_2 в атмосфере на базе модели общей циркуляции атмосферы. Проведена оценка влияния этих процессов на концентрацию этого газа в атмосфере. Учет этих процессов приводит к сглаживанию горизонтальных неоднородностей распределения CO_2 .

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 p.
2. Тарко А.М. Математические модели глобальных и региональных процессов в биосфере / А.М. Тарко // Общая и прикладная ценология. № 6, 2007, С. 44-47.
3. Тарко А.М. Антропогенные изменения глобальных биосферных процессов. Математическое моделирование: монография / А.М. Тарко. - М.: Физматлит, 2005. - 232 с.
4. Пархоменко В.П. Глобальная климатическая модель с учетом биогеохимического углеродного цикла растительности суши / В.П. Пархоменко // Математическое моделирование и численные методы, 2021, № 2, с. 38–53.
5. Пархоменко В.П. Организация численных экспериментов на модели общей циркуляции атмосферы и глобальной модели океана / В.П. Пархоменко // Журнал вычислительной математики и математической физики 2021, Vol. 61, No. 10, pp. 1693–1703.
6. Толстых М.А. Модели глобальной атмосферы и мирового океана: алгоритмы и суперкомпьютерные технологии / М.А. Толстых, Р.А. Ибраев и др. М: Изд-во МГУ, 2013. 144 с.
7. Педлоски Дж. Геофизическая гидродинамика, том1 / Дж. Педлоски. - М.: Мир, 1984. - 398 с.
8. Пархоменко В. П. Применение глобальных климатических моделей для исследования климата Земли / В.П. Пархоменко // Труды Института системного анализа Российской академии наук (Труды ИСА РАН). – 2018. – Т. 68, №2. – С. 38–41.

9. Parkhomenko V.P. Modeling of global and regional climate response to solar radiation management / V.P. Parkhomenko // IOP Journal of Physics: Conference Series. – 2018 – V.1141, 012057. – P. 1-5. DOI:10.1088/1742-6596/1141/1/012057
10. Shepherd J. G. Overcoming the CFL time-step limitation: a stable iterative implicit numerical scheme for slowly evolving advection-diffusion systems / J. G. Shepherd // Ocean Modelling. 2002. V.4. P. 17-28.

Список литературы на английском языке / References in English

1. IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 p.
2. Tarko A.M. Matematicheskie modeli global'nyh i regional'nyh processov v biosfere [Mathematical Models of Global and Regional Processes in the Biosphere]. / A.M. Tarko // Obshhaja i prikladnaja cenologija [General and Applied Biocenology]. № 6, 2007, pp. 44-47. [in Russian]
3. Tarko A.M. Antropogennye izmenenija global'nyh biosfernyh processov. Matematicheskoe modelirovanie: monografija [Anthropogenic Changes in Global Biospheric Processes. Mathematical Modeling: Monograph] / A.M. Tarko - M.: Fizmatlit, 2005. - p. 232 [in Russian]
4. Parhomenko V.P. Global'naja klimaticheskaja model' s uchetom biogeohimicheskogo uglerodnogo cikla rastitel'nosti sushi [Global Climate Model Taking Into Account the Biogeochemical Carbon Cycle of Land Vegetation]. / V.P. Parhomenko // Matematicheskoe modelirovanie i chislennye metody [Mathematical Modeling and Numerical Methods], 2021, № 2, pp. 38–53. [in Russian]
5. Parhomenko V.P. Organizacija chislennyh jeksperimentov na modeli obshhej cirkuljarii atmosfery i global'noj modeli okeana [Organization of Numerical Experiments on the General Atmospheric Circulation Model and the Global Ocean Model]. / V.P. Parhomenko // Zhurnal vychislitel'noj matematiki i matematicheskij fiziki [Journal of Computational Mathematics and Mathematical Physics] 2021, Vol. 61, No. 10, pp. 1693–1703. [in Russian]
6. Tolstyh M.A. Modeli global'noj atmosfery i mirovogo okeana: algoritmy i superkomp'juternye tehnologii [Models of the Global Atmosphere and the World Ocean: Algorithms and Supercomputer Technologies]. / M.A. Tolstyh, R.A. Ibraev et al. - M: Publishing house MGU, 2013. p. 144 [in Russian]
7. Pedloski Dzh. Geofizicheskaja gidrodinamika [Geophysical Hydrodynamics], Vol.1 / Dzh. Pedloski. - M.: Mir, 1984. - p. 398 [in Russian]
8. Parhomenko V. P. Primenenie global'nyh klimaticheskikh modelej dlja issledovanija klimata Zemli [Application of Global Climate Models for the Study of the Earth's Climate]. / V.P. Parhomenko // Trudy Instituta sistemnogo analiza Rossijskoj akademii nauk (Trudy ISA RAN) [Proceedings of the Institute of System Analysis of the Russian Academy of Sciences]. – 2018. – Vol. 68, №2. – pp. 38–41. [in Russian]
9. V.P. Parkhomenko Modeling of global and regional climate response to solar radiation management / Parkhomenko V.P. // IOP Journal of Physics: Conference Series. – 2018 – V.1141, 012057. – P. 1-5. DOI:10.1088/1742-6596/1141/1/012057
10. Shepherd J. G. Overcoming the CFL time-step limitation: a stable iterative implicit numerical scheme for slowly evolving advection-diffusion systems // Ocean Modelling. 2002. V.4. P. 17-28.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.118.4.073>

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ АКТИВНОГО ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ МОНИТОРИНГА МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОВОДОВ

Научная статья

Чермошенцев А.Ю.*

ORCID: 0000-0002-3931-7537,

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, Новосибирск, Россия

* Корреспондирующий автор (fdz2004[at]bk.ru)

Аннотация

В статье рассмотрены современные методы активного дистанционного зондирования, которые могут применяться для мониторинга состояния магистральных нефтепроводов и защитных сооружений при них. Целью работы является анализ характеристик радиолокационных съемочных систем Sentinel-1 и ICEYE, таких как режим съемки, ширина полосы захвата, пространственное разрешение и поляризация радиосигнала. Выполнены экспериментальные исследования методики предварительной обработки данных в программном продукте SNAP и рассмотрены ее основные этапы. В результате определены характеристики данных радиолокационной съемки, позволяющие использовать их для оценки состояния магистральных нефтепроводов, выделены преимущества и недостатки.

Ключевые слова: радиолокация, магистральные нефтепроводы, Sentinel, ICEYE.

APPLICATION OF ACTIVE REMOTE SENSING METHODS FOR MONITORING OIL TRUNK PIPELINES

Research article

Chermoshentsev A.Yu.*

ORCID: 0000-0002-3931-7537,

Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russia

* Corresponding author (fdz2004[at]bk.ru)

Abstract

The article discusses modern methods of active remote sensing, which can be used to monitor the condition of oil trunk pipelines and the protective structures around them. The aim of the work is to analyze the characteristics of Sentinel-1 and ICEYE radar survey systems, such as shooting mode, capture bandwidth, spatial resolution, and polarization of the radio signal. The author carries out experimental studies of the data preprocessing technique using the SNAP software and examines its main stages. As a result, the study determines the characteristics of the radar survey data, allowing them to be used to assess the condition of oil trunk pipelines, advantages, and disadvantages were also highlighted.

Keywords: radar, oil trunk pipelines, Sentinel, ICEYE.

Введение

В настоящее время одной из важнейших составляющих топливно-энергетического комплекса являются магистральные трубопроводы. Развитие этого способа транспортировки нефтепродуктов играет важную роль в экономическом развитии Российской Федерации. В нашей стране создана разветвленная сеть магистральных нефтепроводов общей протяженностью свыше 72 тыс. км, которые проходят по территории большинства субъектов Российской Федерации. При транспортировке больших объемов нефти, которые достигают 90% от всей добываемой в стране сырой нефти, необходимо обеспечить надежность работы трубопроводных систем [1]. Чрезвычайные ситуации, возникающие на объектах инфраструктуры нефтяной отрасли, могут нанести серьезный ущерб экономике из-за потерь нефтепродуктов и нарушения непрерывного процесса производства в смежных отраслях, а также привести неблагоприятным последствиям для экологии из-за загрязнения окружающей среды как в краткосрочной, так и в долгосрочной перспективе [2], [3], [4]. Таким образом для своевременного прогнозирования и оценки рисков возникновения нештатных ситуаций, в течение всего периода эксплуатации магистральных нефтепроводов необходим постоянный мониторинг, техническое обслуживание и ремонт [5]. Задача осложняется тем, что трубопроводы по большей части пролегают по удаленным и труднодоступным районам со сложными климатическими условиями. Учитывая протяженность трубопроводного комплекса, для обеспечения оперативного мониторинга требуется обработка больших объемов данных. Целью работы является анализ методов активного дистанционного зондирования Земли, в частности радиолокационного, для мониторинга состояния магистральных нефтепроводов.

Задачи исследования: определить критерии (разрешающая способность, периодичность съемки, поляризация), позволяющие оценить состояние магистральных нефтепроводов.

Методы и принципы исследования

К параметрам, влияющие на выбор радиолокационных данных дистанционного зондирования для мониторинга состояния магистральных нефтепроводов относятся: пространственное разрешение, поляризация сигнала, ширина полосы съемки, периодичность съемки [6], [7]. Среди доступных в настоящее время съемочных систем наибольший интерес заслуживают Sentinel и Iceye.

Проект Европейского космического агентства Sentinel предназначен для поддержки программы Copernicus. Спутники Sentinel-1A и Sentinel-1B уже ведут космическую съемку. Находясь на одной орбите, оба спутника могут покрыть съемкой всю Землю в течение 6 дней. На 2021 г. запланирован запуск спутника Sentinel-1C, а в дальнейшем — Sentinel-1D.

Компания ICEYE (Финляндия) работает над созданием группировки радарных микроспутников, которые оснащены радарами с РСА. Первый спутник был запущен 12 января 2018 г. В общей сложности группировку спутников планируется сформировать из 18 космических аппаратов. Спутники будут находиться на разных орбитах, что обеспечит более полное покрытие и съемку под разными углами. После развертывания всей группировки повторная съемка будет проводиться каждые 2 часа. В связи с этим выполнение работ по оценке состояния магистральных нефтепроводов при помощи данных спутников представляется наиболее перспективным. Сравнение основных характеристик приведено в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики данных

	Длина волны, см	Пространственное разрешение, м	Ширина полосы съемки, км	Поляризация
Sentinel-1	5	5×20	240	VV/VH
ICEYE	3	3	50	VV

Для оценки возможности применения данных радиолокационной съемки для решения поставленной задачи выбрана территория участка магистрального нефтепровода ВСТО (Восточная Сибирь - Тихий океан). В свободно распространяемом программном продукте SNAP выполнена предварительная обработка снимков, которую можно представить в виде технологической схемы основных операций (см. рисунок 1).



Рис. 1 – Технологическая схема обработки радиолокационных снимков

Основные этапы данной технологической схемы включают следующие процессы:

- уточнение орбит;
- радиометрическая калибровка;
- фильтрация спекл-шума;
- геометрическая коррекция.

На первом этапе выполняется получение точных данных о положении спутника на орбите в момент выполнения съемки, которое необходимо для более точного позиционирования снимков в случае отсутствия наземных опорных данных.

Радиометрическая калибровка необходима для правильной работы с данными, полученными при различных углах съемки и относительных уровнях яркости. Учитывая большую протяженность объекта съемки, его полное покрытие потребует объединения различных снимков. В результате калибровки производится преобразование значений пикселей таким образом, чтобы они представляли значение обратного рассеяния радиолуча от отражающей поверхности [8].

Радиолокационные снимки обладают специфической особенностью, называемой спекл-шум, который вызван случайной конструктивной и деструктивной интерференцией. Данный эффект значительно затрудняет распознавание объекта съемки, и для уменьшения его влияния требуется применение специальных спекл-фильтров [9]. Однако данный процесс неизбежно приводит к размытию деталей или уменьшению пространственного разрешения, поэтому глубокая фильтрация должна применяться с осторожностью.

На последнем этапе предварительной обработки выполняется геометрическая коррекция, в ходе которой происходит устранение геометрических искажений, также являющихся неотъемлемой составляющей радиолокационных данных (как эффект перспективного сокращения (foreshortening), переналожения (layover) и радиолокационной тени (shadow) [10]. В результате использования цифровой модели высот изображение из геометрии наклонной дальности или расстояния до земли преобразуется в картографическую систему координат готовый продукт приводится к требуемой картографической проекции.

Результаты предварительной обработки снимков Sentinel-1, выполненной по указанной технологической схеме (см. рисунок 2).

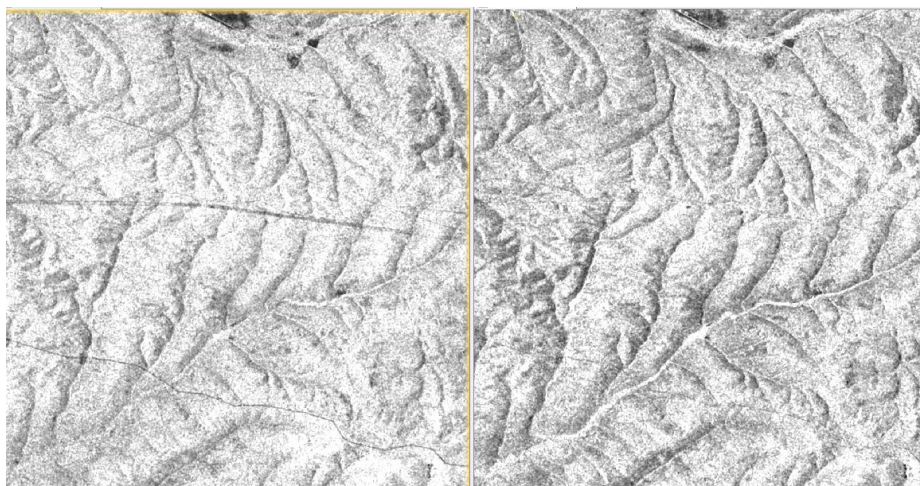


Рис. 2 – Сравнение поляризации сигнала снимков Sentinel-1

Анализ результата обработки показывает, что для идентификации магистральных нефтепроводов предпочтительной является перекрестная поляризация VH, поскольку в этом случае нефтепровод, ориентированный перпендикулярно направлению полета космического аппарата, однозначно идентифицируется на снимке. Оценка вертикальных смещений самого нефтепровода и защитных сооружений потребует дополнительно выполнения интерферометрической обработки.

Результаты предварительной обработки снимков ICEYE (см. рисунок 3).

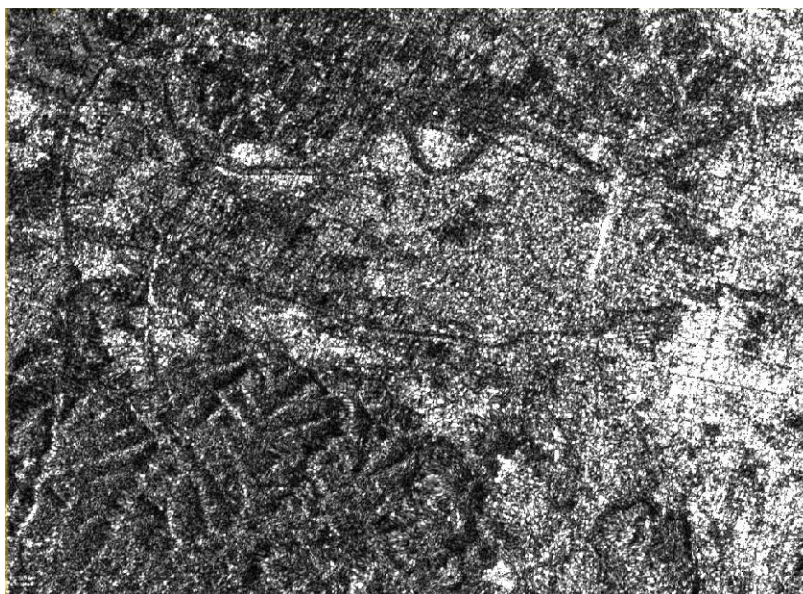


Рис. 3 – Сравнение поляризации сигнала и разрешающей способности снимков ICEYE

Преимущество снимков ICEYE в виде более высокого пространственного разрешения позволяет за счет снижения маскирующего воздействия растительного покрова более четко выделить структурный рисунок изучаемых объектов. К недостаткам можно отнести меньшую полосу охвата, что приведет к увеличению количества обрабатываемых снимков.

Заключение

Для мониторинга инженерных защитных сооружений, таких как подпорная стенка, защитное ограждение, опоры и т. п. перспективной является радиолокационная съемка, выполняемая в настоящее время в различных диапазонах длин волн и с различной поляризацией, что позволяет провести оценку величины смещения земной поверхности.

Пространственное разрешение снимков Sentinel-1 и ICEYE является достаточным для идентификации магистральных нефтепроводов. Для мониторинга протяженных объектов предпочтительным является широкозахватный режим съемки Sentinel-1.

Для охвата нефтепровода протяженностью 2640 км (ВСТО) потребуется 10 снимков Sentinel-1 в режиме IW.

Финансирование

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России (тема «Разработка теории и технологических решений контроля состояния защитных сооружений при перекачке нефтепродуктов методами активного дистанционного зондирования», № 0807-2020-0002).

Funding

The work was carried out within the framework of the state task of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation («Development of the theory and technological solutions for monitoring the state of protective structures during the pumping of petroleum products using active remote sensing methods», No. 0807-2020-0002).

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Smirnova M. V. Investigation of the possibility of remote detection of gas outlets in the sea using X-band radar / M. V. Smirnova, I. A. Kapustin, A. V. Ermoshkin // Modern problems of remote sensing of the Earth from space. – 2020. – Vol. 17(6). – P. 116–121. DOI: 10.21046/2070-7401-2020-17-6-116-121
2. Krestenitis M. Oil Spill Identification from Satellite Images Using Deep Neural Networks / M. Krestenitis, G. Orfanidis // Remote Sensing. – 2019. – Vol. 11(10). DOI: 10.3390/rs11151762
3. Brekke C. Oil spill detection by satellite remote sensing / C. Brekke, A. Solberg // Remote Sensing of Environment. – 2005. – Vol. 5. – P. 1–13.
4. Solberg A. H. S. Automatic detection of oil spills in ERS SAR images / A. H. S. Solberg, G. Storvik, R. Solberg, E. Volden // IEEE Trans. Geosci. Remote Sens. – 1999. – 7(4). – P. 1916–1924.
5. Fiscela B. Oil spill detection using marine SAR images / B. Fiscela, A. Giancaspro, F. Nirchio et al. // Int. J. Remote Sens. – 2000. – 21(18). – P. 3561–3566.

6. Espedal H. Satellite SAR oil spill detection using wind history information / H. Espedal // International Journal of Remote Sensing. – 1999. – Vol. 20. – P.49–65.
7. Frate F.D. Neural networks for oil spill detection using ERS-SAR data / F.D. Frate, A. Petrocchi, J. Lichtenegger et al. // IEEE Trans. Geosci. Remote Sens. – 2000. –38(5). – P. 2282–2287.
8. Иванов А. Ю. Использование космической радиолокации широкого обзора для картографирования нефтяных загрязнений моря / А. Ю. Иванов, И. С. Ермошкин, М. Фанг и др. // Исследование Земли из космоса. – 2005. – № 5. – С.78–95.
9. Marghany M. Automatic detection algorithms for oil spill from multisar data / M. Marghany, M. Hashim // PIERS Proceedings. March 27–30. – 2012. – P. 1796–1800
10. Yu X. Oil spill segmentation via adversarial f-divergence learning / X. Yu. H. Zhang, C. Luo et al. // IEEE Trans. Geosci. Remote Sens. – 2018. – Vol. 56. – P.4973–4988.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Smirnova M. V. Investigation of the possibility of remote detection of gas outlets in the sea using X-band radar / M. V. Smirnova, I. A. Kapustin, A.V. Ermoshkin // Modern problems of remote sensing of the Earth from space. – 2020. – Vol. 17(6). – P. 116–121. DOI: 10.21046/2070-7401-2020-17-6-116-121
2. Krestenitis M. Oil Spill Identification from Satellite Images Using Deep Neural Networks / M. Krestenitis, G. Orfanidis // Remote Sensing. – 2019. – Vol. 11(10). DOI: 10.3390/rs11151762
3. Brekke C. Oil spill detection by satellite remote sensing / C. Brekke, A. Solberg // Remote Sensing of Environment. – 2005. – Vol. 5. – P.1–13.
4. Solberg A. H. S. Automatic detection of oil spills in ERS SAR images / A. H. S. Solberg, G. Storvik, R. Solberg, E. Volden // IEEE Trans. Geosci. Remote Sens. – 1999. – 7(4). – P. 1916–1924.
5. Fiscela B. Oil spill detection using marine SAR images / B. Fiscela, A. Giancaspro, F. Nirchio et al. // Int. J. Remote Sens. – 2000. – 21(18). – P. – 3561–3566.
6. Espedal H. Satellite SAR oil spill detection using wind history information / H. Espedal // International Journal of Remote Sensing. – 1999. – Vol. 20. – P.49–65.
7. Frate F.D. Neural networks for oil spill detection using ERS-SAR data / F.D. Frate, A. Petrocchi, J. Lichtenegger et al. // IEEE Trans. Geosci. Remote Sens. – 2000. –38(5). – P. 2282–2287.
8. Ivanov A. Yu. Ispol'zovanie kosmicheskoy radiolokacii shirokogo obzora dlja kartografirovaniya neftjanyh zagrjaznenij morja [Use of the wide-swath synthetic aperture radar images for mapping oil pollution in the sea] / A. Yu. Ivanov, I. S. Ermoshkin, M. Fang, et al. // Issledovanie Zemli iz kosmosa [Earth Observation and Remote Sensing] – 2005. – №5. – P. 78–95. [in Russian]
9. Marghany M. Automatic detection algorithms for oil spill from multisar data / M. Marghany, M. Hashim // PIERS Proceedings. March 27–30. – 2012. – P. 1796–1800
10. Yu X. Oil spill segmentation via adversarial f-divergence learning / X. Yu. H. Zhang, C. Luo et al. // IEEE Trans. Geosci. Remote Sens. – 2018. – Vol. 56. – P.4973–4988.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.118.4.074>ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ОЗЕРА АРХИЕРЕЙСКОЕ
ЛАИШЕВСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Научная статья

Набеева Э.Г.¹, Мингазова Н.М.², Шигапов И.С.^{3,*}, Зарипова Н.Р.⁴, Шакирова Л.А.⁵, Павлова Л.Р.⁶¹ ORCID: 0000-0002-3246-9431;² ORCID: 0000-0002-8360-7005;³ ORCID: 0000-0003-0429-4440;⁴ ORCID: 0000-0002-6747-8610;¹⁻⁶ Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

* Корреспондирующий автор (shigapov.irshat[at]yandex.ru)

Аннотация

В работе анализируется экологическое состояние оз. Архирейское (Республика Татарстан). В ходе исследования проведено картографический анализ современных изменений, физико-химический анализ воды, оценка экологического состояния озера по растительности и показателям зообентоса. Выявлены основные экологические проблемы озера: сокращение поверхностного стока, застройка водосборной площади, зарастание водоема. Отмечается зарастание озера элодеей канадской на глубинах от 0.5 до 2.6 м. При экологическом анализе сообщества макрофитов озера выявлено, что сапробность воды соответствует β-мезосапробной зоне III классу качества, умеренно загрязненной воде. По показателям зообентоса водоем характеризуется как эвтрофный, с достаточно высоким видовым разнообразием и равномерным распределением видов. По интегральному индексу экологического состояния ИИЭС водоем относится к категории «зона экологического кризиса».

Ключевые слова: геоэкология, озеро, карст, батиметрия, индекс сапробности.A GEOECOLOGICAL ASSESSMENT OF THE STATE OF THE LAKE ARKHIEREYSKOE
IN THE LAISHEVSKY DISTRICT OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN

Research article

Nabeeva E.G.¹, Mingazova N.M.², Shigapov I.S.^{3,*}, Zaripova N.R.⁴, Shakirova L.A.⁵, Pavlova L.R.⁶¹ ORCID: 0000-0002-3246-9431;² ORCID: 0000-0002-8360-7005;³ ORCID: 0000-0003-0429-4440;⁴ ORCID: 0000-0002-6747-8610;¹⁻⁶ Kazan Federal University, Kazan, Russia

* Corresponding author (shigapov.irshat[at]yandex.ru)

Abstract

The paper analyzes the ecological state of the lake Arkhiereyskoe (Republic of Tatarstan). The article features a cartographic analysis of modern changes, a physico-chemical analysis of water, an assessment of the ecological state of the lake by vegetation and indicators of zoobenthos. The authors identify the main ecological problems of the lake such as the reduction of surface runoff, development of the catchment area, and overgrowth of the reservoir. There is overgrowth of the lake with *Elodea canadensis* at depths from 0.5 to 2.6 m. An ecological analysis of the macrophyte community of the lake determines that the saprobity of the water corresponds to the β-mesosaprobic zone of class III quality, moderately polluted water. According to the indicators of zoobenthos, the reservoir is characterized as eutrophic with a sufficiently high species diversity and a uniform distribution of species. According to the integrated index of the ecological state, the reservoir belongs to the category of «ecological crisis zone».

Keywords: geoecology, lake, karst, bathymetry, saprobity index.**Введение**

Малые озера подвергаются значительной трансформации в условиях изменения их водосборов [1, С. 102], [8, С. 62] и во многих случаях требуются мероприятия по улучшению их состояния.

Озеро Архирейское – одно из самых больших и самых глубоких озер Республики Татарстан и Среднего Поволжья [9, С. 57], [2, С. 254]. Водоем с 1978 г. признан памятником природы. В настоящее время для озера остро стоит проблема сокращения площади и эвтрофирования, наблюдается массовое развитие элодеи канадской, что свидетельствует о макрофитном пути его развития.

Актуальность данного исследования состоит в необходимости современной оценки состояния озера Архирейское по комплексу показателей для составления рекомендаций по борьбе с зарастанием озера.

Целью исследования является оценка экологического состояния озера Архирейского Лаишевского района РТ по гидрологическим, физико-химическим и гидробиологическим показателям.

Материал и методы исследования

Исследования оз. Архирейское проводились в 2020 г. Батиметрические исследования проводились в сентябре 2020 г., с использованием эхолота, с контролем измерений с помощью ручного лота. Данные обработаны и проанализированы в MS Excel, Surfer, картографическая обработка материалов велась в ГИС QGIS, ArcGis, Google Earth. Пробы на гидрохимический анализ отбирались с помощью батометра Молчанова ГР-18 на 2 станциях, с поверхности и глубины и анализировались в аккредитованной лаборатории. Определяли прозрачность, цвет, количество

растворенного кислорода, электропроводность и кислотность среды; БПК₅, ХПК, содержание нефтепродуктов, ионов различных солей, минерализацию, жесткость, АПАВ. Для оценки качества воды использовались эколого-санитарная классификация (ЭСК) поверхностных вод суши [10, С. 200] и индекс загрязнения воды (ИЗВ), использовались ПДК, предусмотренные для водоемов рыбохозяйственного пользования.

Исследование макрофитов проводилось с лодки вдоль берегов и по средней линии. При изучении использовались принятые методики [9, С. 156], использована бальная оценка обилия с помощью шкалы Друде, сапробность оценивалась методом Пантле и Букка в модификации Сладечека с изменениями. Для определения качества воды по данному методу было определено обилие видов, по которым известны значения сапробности [6, С. 120], [3, С. 50]. Индекс сапробности вычисляется по формуле: $S = \sum(sh)/\sum h$, где s – индекс сапробности каждого вида, h – относительное обилие видов. Определялось обилие видов, по которым известны значения сапробности. Пробы зообентоса отбирались 28 августа и 1 октября 2020 г. в литоральной зоне, с 6 станций. Изучение велось в соответствии с общепринятыми гидробиологическими методиками. Для оценки качества воды озера использованы индексы видового разнообразия (Шеннона (H), Симпсона (S)), индекс выравненности Пielу (E), индекс Гутнайта-Уитлея (GW), комплексный индекс оценки гидрохимических и биологических показателей (ИИЭС) [4, С. 115].

Результаты и их обсуждение

Гидрологические исследования

По данным гидрологических исследований на батиметрической схеме (рис. 1) видна цепочка карстовых провалов в северной части озера (глубинами более 8 м) и обширные карстовые провалы в центральной части (глубинами более 20 м). Котловину озера можно разделить на северную, центральную и южную части. В центральной зоне озера обнаружена максимальная глубина – 21.5 м. Грунт дна в северной и центральной частях озера песочный, активного илообразования не наблюдается.

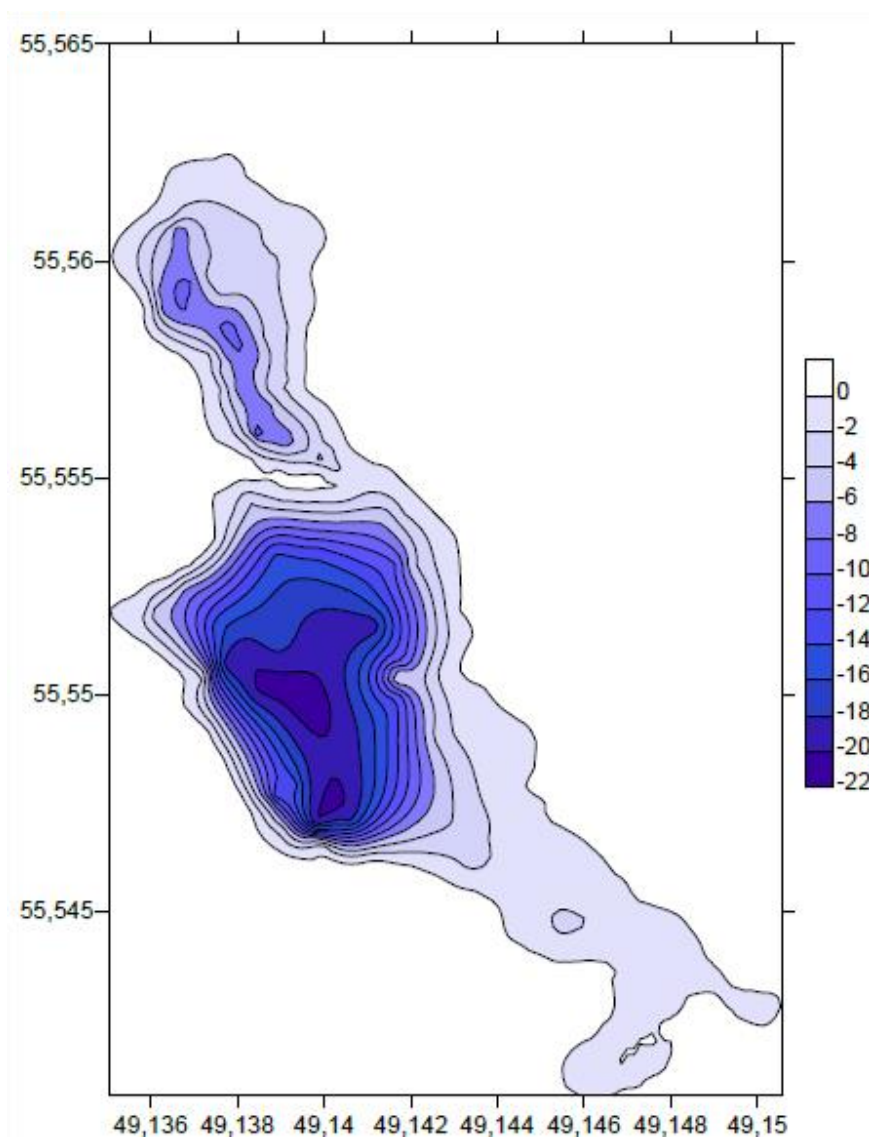


Рис. 1 – Батиметрическая схема оз. Архиерейское

Южная часть озера характеризуется относительно ровной поверхностью дна с глубиной от 2.6 до 0.6 м, наблюдается заиление и зарастание.

В таблице 1 приведены данные современных гидрологических измерений на 2020 г., в сравнении с данными за 1970-е гг. [7], 1996 г. [10] и 2000 г. [5, С. 38].

Таблица 1 – Морфометрические характеристики оз. Архиерейское

	Площадь, га	Длина берег, линии, м	Длина тах, м	Ширина, м	Глубина тах, м	Сред, глубина, м	Объем воды, тыс, м ³	Площадь водосбора, га
1970-е гг,	67,1	-	2400	480	22,0	6,7	4496	1935
1996 г,	-	-	-	-	19,9	-	-	-
2000 г,	70,5	-	-	520	18,0	8	4231	-
2020 г,	69,3	6340	2400	558	21,5	6,2	4290	2848

Сравнительный анализ изменений за 50 лет показывает две тенденции:

1) наблюдается небольшой рост площади озера (с 67.1 га до 69.3 га (70,5 га по данным 2000 г.), прежде всего за счет увеличения максимальной ширины при практически неизменной длине озера;

2) сохранение максимальных глубин (до 21.5 м).

В целом данные батиметрических съемок 2020 совпадают с результатами 1970-х годов, были обнаружены указанные на схеме 1970-х гг. [7, С. 150] 4 карстовые воронки с совпадающими значениями глубин. Можно отметить изменение формы крупной воронки в центральной части, которая начала расширяться в северо-западном направлении, что и привело к увеличению максимальной ширины. Кроме этого, было обнаружено еще две небольшие воронки в северной и южной частях озера. Вероятно, это можно объяснить использованием более точного оборудования, позволяющего проводить непрерывную съемку дна, однако возможно и некоторое развитие карстовых процессов в озере. Использование более точных методов можно объяснить и разницу в площади водосбора: использование 3D-моделирования рельефа позволяет точнее определять линии водораздела по сравнению с использованием карт, что особенно важно для малых озер.

Также отметим, что в настоящее время происходит интенсивная малоэтажная застройка многих сельскохозяйственных земель, что в геоэкологическом плане меняет факторы антропогенного воздействия: вместо сельскохозяйственного загрязнения указываемого А.С. Тайсиным [10, С. 125] для 1990-х годов, преобладающим видом воздействия становится хозяйственно-бытовое загрязнение поверхностного стока и грунтовых вод.

Гидрохимические показатели

По оценке по ЭСК качества поверхностных вод, воды соответствуют разрядам от «вполне» до «достаточно чистой» воды со средними ранговыми показателями, вычисленными по семи показателям, равными 3.5-4.4. Индекс загрязненности воды составил в среднем 0.67 ± 0.05 , что соответствует II классу качества «чистой» воде.

Гидробиологические исследования

В ярусе погруженной растительности преобладает *Elodea canadensis*, единично встречаются *Myosoton aquaticum* и *Hippuris vulgaris*. *Elodea canadensis* является доминирующим видом. Дно озера до глубины около 1.5 м покрыто зарослями элодеи, но встречаются и незаселенные песчаные участки дна. Сапробность воды в озере составляет 1.6, что позволяет отнести ее к β-мезосапробной зоне, к III классу качества, умеренно загрязненной воде.

При исследованиях макрозообентоса в 2020 г. было обнаружено 25 видов и таксонов рангом выше вида, относящихся к пяти классам: *Insecta*, *Hirudinea*, *Oligochaeta*, *Gastropoda* и *Crustacea*. Наибольшее количество видов относилось к классу *Insecta*. Наличие олигохет (*Limnodrilus* sp.) на двух станциях указывает на высокий уровень органических загрязнений. По данным 2016 г. здесь так же наблюдалось доминирование хирономид при количественном анализе [7, С. 153]. В 2020 г. максимальная численность зообентоса составила 113 ± 39 экз./м² (*Guttipelopia guttipenis* (Van der Walp, 1861)). Среднее значение индекса Шеннона (2.04 ± 0.6) характеризует водоем как эвтрофный. Индекс Симпсона в среднем на всех точках отбора составляет 0.69 ± 0.1 , что характеризует достаточно высокое разнообразие видов в сообществе. Индекс выравненности Пиелу на всех станциях близок к единице, при среднем значении 0.84 ± 0.1 , что свидетельствует о равномерном распределении численности особей при данном количестве видов, выравненность высокая. Анализ трофической структуры донных фауны оз. Архиерейское показал доминирование в количественных пробах организмов-фильтраторов. На их долю в общей биомассе зообентоса приходилось 88.0%. Индекс Гутнайта-Уитлея (GW) составляет $11 \pm 3\%$, что показывает отсутствие загрязнения и соответствует 1-2 классу качества воды. По интегральному индексу экологического состояния ИИЭС, среднее значение которого составило 2.2 ± 0.1 , водоем относится к категории «зона экологического кризиса».

По гидробиотическим показателям необходимо отметить достаточно интенсивное зарастание отдельных участков озера на глубинах от 0.5 до 2.6 м элодеей канадской, особенно в южной мелководной части, где наблюдается заиливание дна.

Анализ антропогенного воздействия

При анализе существующего геоэкологического состояния можно сделать вывод, что основными проблемами изучаемого озера являются:

1. Застройка водосборного бассейна поселками и дорогами

2. Зарастание озера элодеей канадской на глубинах от 0.5 до 2.6 м, приводящее к интенсивному заилению отдельных озерных участков, особенно в южной части озера.

3. Вода в озере характеризуется повышенным содержанием органических веществ, наблюдаются признаки эвтрофирования озера.

Заключение

В настоящее время озеро Архиерейское Лаишевского района РТ (памятник природы) отличается благоприятным качеством воды, соответствующей разрядам от «вполне» до «достаточно чистой» воды; индекс загрязнённости соответствует II классу качества «чистой» воде. При экологическом анализе сообщества макрофитов озера выявлено, что сапробность воды позволяет отнести ее к β -мезосапробной зоне, к III классу качества, умеренно загрязненной воде. По показателям зообентоса водоем характеризуется как эвтрофный, с достаточно высоким видовым разнообразием и равномерным распределением видов.

Комплексный подход к анализу экологической ситуации на водоеме (расчет интегрального индекса экологического состояния ИИЭС) относит водоем к категории «зона экологического кризиса».

В ходе проведенного анализа антропогенного воздействия выявлены современные геоэкологические проблемы озера: застройка водосборного бассейна и интенсивное эвтрофирование озера, выражающееся в зарастании водоема элодеей канадской.

Для оптимизации состояния озера в озере необходимо проведение профилактических и восстановительных мероприятий, но так как озеро является особо охраняемой природной территорией (памятником природы), все мероприятия должны быть согласованы с Государственным Комитетом по биологическим ресурсам Республики Татарстан.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Ахмедова Г.А. Состояние малых озер в урбанизированных ландшафтах и их защита в условиях антропогенной нагрузки / Г.А. Ахмедова, М.М. Расулова // Юг России: экология, развитие. – 2009. – № 4. – С.136.
2. Биоразнообразие и типология карстовых озер Среднего Поволжья / под ред. Мингазовой Н.М. – Казань: изд-во Казан. ун-та, 2009. – 290 с.
3. Власов Б.П. Использование высших водных растений для оценки и контроля за состоянием водной среды: Мет. рекомендации / Б.П. Власов, Г.С. Гигевич. – Мн.: БГУ, 2002. – 84 с.
4. Вшивкова Т.С. Введение в биомониторинг пресных вод: учебное пособие / Т.С. Вшивкова, Н.В. Иваненко, Л.В. Якименко и др. – Изд-во ВГУЭС, 2019. – 136 с. DOI:10.13140/RG.2.2.31070.89927/1
5. Зиганшин И.И. Динамика морфометрических показателей особо охраняемых водоемов Лаишевского района Республики Татарстан / И.И. Зиганшин, Д.В. Иванов, Р.Р. Хасанов // Российский журнал прикладной экологии, 2017. – №1. – С. 38-43.
6. Кокин К. А. Экология высших водных растений / К.А. Кокин. – М.: МГУ, 1982. – 160 с.
7. Мельникова А.В. Донная фауна озера Архиерейское (Лаишевский район, республика Татарстан) / А.В. Мельникова // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии, 2017. – Т. 26. – № 3. – С. 153-158.
8. Мингазова Н.М. Карстовые озера Среднего Поволжья и их биоразнообразие / Н.М. Мингазова, О.Ю. Деревенская, О.В. Палагушкина и др. // Матер. докл. научно-практ. конф. гидробиологов, посвящ. памяти проф. Х.М. Курбангалиевой. 09 ноября 2010 г., Казань. – Казань: Казан. гос. ун-т, 2010. – С. 62-63.
9. Озера Среднего Поволжья / под ред. И.Н.Сорокина и Р.С.Петровой. – Л., Наука, 1976. – 236 с..
10. Тайсин А. С. Озера Приказанского района, их современные природные и антропогенные изменения. — Казань: Изд-во ТГГПУ, 2006. – 167 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Ahmedova G.A., Rasulova M.M. Sostoyanie mal'kh ozer v urbanizirovannykh landshaftah i ih zashchita v usloviyakh antropogennoy nagruzki [The state of small lakes in urban landscapes and their protection under anthropogenic pressure] / G.A. Ahmedova, M.M. Rasulova / YUg Rossii: ekologiya, razvitie [South of Russia: ecology, development], 2009. – V. № 4. – P.136. [in Russian]
2. Bioraznoobrazie i tipologiya karstovykh ozer Srednego Povolzh'ya [Biodiversity and typology of karst lakes in the Middle Volga region] / ed. Mingazova N.M. – Kazan: publishing house Kazan. un-ta, 2009. – 290 p. [in Russian]
3. Vlasov B.P. Ispol'zovanie vysshikh vodnykh rasteniy dlya ocenki i kontrolya za sostoyaniem vodnoy sredy [The use of higher aquatic plants for assessing and monitoring the state of the aquatic environment] / B.P. Vlasov, G.S. Gigeovich // Met. recommendations. – Minsk: BSU, 2002. – 84 p. [in Russian]
4. Vshivkova T.S. Vvedenie v biomonitirovning presnykh vod: uchebnoe posobie [Introduction to freshwater biomonitoring: textbook] / T.S. Vshivkova, N.V. Ivanenko, L.V. YAkimenko et al. // Publishing house VGUES, 2019. P. 136. DOI:10.13140/RG.2.2.31070.89927/1 [in Russian]
5. Ziganshin I.I. Dinamika morfometricheskikh pokazatelej osobo ohranyaemykh vodoemov Laishevskogo rajona Respubliki Tatarstan [Dynamics of morphometric indicators of specially protected water bodies of the Laishevsky district of the Republic of Tatarstan] / I.I. Ziganshin, D.V. Ivanov, R.R. Hasanov // Russian Journal of Applied Ecology. 2017. No. 1. pp. 38–43. [in Russian]
6. Kokin K. A. Ekologiya vysshikh vodnykh rastenij [Ecology of higher water plants] / K.A. Kokin. – M.: MSU, 1982. – 160 p. [in Russian]
7. Mel'nikova A.V. Donnaya fauna ozera Arhierejskoe (Laishevskij rajon, respublika Tatarstan) [Bottom fauna of Lake Archiereyskoe (Laishevsky District, Republic of Tatarstan)] / Mel'nikova A.V. // Samarskaya Luka: problemy regional'noj i global'noj ekologii [Samarskaya Luka: problems of regional and global ecology], 2017. – Vol. 26. – № 3. – P.153-158. [in Russian]

8. Mingazova N.M. Karstovye ozero Srednego Povolzh'ya i ih bioraznoobrazie [Karst lakes of Middle Povolzh'ya and their biodiversity] / N.M. Mingazova, O.YU. Derevenskaya, O.V. Palagushkina et al. // Mater. dokl. nauchno-prakt. konf. gidrobiologov, posvyashch. pamyati prof. H.M. Kurbangalievoy. 09 noyabrya 2010 g., Kazan'. – Kazan': Kazan. gos. un-t, 2010. – P.62-63 [in Russian]

9. Ozero Srednego Povolzh'ya [Lakes of Mid-Volga Region.] / ed. by. I.N.Sorokina i R.S.Petrovoj. –L., Nauka, 1976. – 236 p. [in Russian]

10. Taisin A.S. Ozero Prikazanskogo rajona, ih sovremennye prirodnye i antropogennye izmeneniya [Lakes of the Prikazansky region, their modern natural and anthropogenic changes] / A.S. Taisin. – Kazan: Publishing house of TSGPU, 2006. – 167 p. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.118.4.075>**ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ТРУДА ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ РАБОТНИКОВ**

Научная статья

Антонова А.А.^{1,*}, Яманова Г.А.²¹ ORCID: 0000-0003-2581-0408;² ORCID: 0000-0003-2362-8979;^{1, 2} Астраханский государственный медицинский университет, Астрахань, Россия

* Корреспондирующий автор (fduecn-2010[at]mail.ru)

Аннотация

Работу фармацевтов можно отнести к напряженным видам труда. Фармацевтам в процессе трудовой деятельности приходится сталкиваться с производственными вредностями, негативно воздействующих на состояние их здоровья. Целью исследования явилась оценка показателей качества жизни фармацевтов г. Астрахани. Для получения репрезентативных данных были проанализированы 101 анкет фармацевтических работников аптек. По результатам исследования сделан вывод о необходимости разработки профилактических и лечебных мероприятий для сохранения и восстановления здоровья специалистов в аптеках, а также создания условий, обеспечивающих надежность в работе.

Ключевые слова: фармацевты, качество жизни, аптека, анкетирование.**ASSESSMENT OF WORKING CONDITIONS OF PHARMACEUTICAL WORKERS**

Research article

Antonova A.A.^{1,*}, Yamanova G.A.²¹ ORCID: 0000-0003-2581-0408;² ORCID: 0000-0003-2362-8979;^{1, 2} Astrakhan State Medical University, Astrakhan, Russia

* Corresponding author (fduecn-2010[at]mail.ru)

Abstract

The work of pharmacists can be attributed to intense types of work. In the course of their work, pharmacists have to deal with industrial hazards that negatively affect their health. The aim of the study was to assess the quality of life indicators of pharmacists in Astrakhan. To obtain representative data, 101 questionnaires of pharmaceutical workers in pharmacies were analyzed. Based on the results of the study, it was concluded that it is necessary to develop preventive and therapeutic measures to preserve and restore the health of specialists in pharmacies, as well as create conditions that ensure reliability in work.

Keywords: pharmacists, quality of life, pharmacy, questioning.**Актуальность**

Медицина неотделима от фармации. Провизор и врач должны находиться в тесном сотрудничестве, так как от их работы будет зависеть здоровье пациента. Провизору чаще приходится выступать в качестве консультанта по выбору лекарственного средства [1], [6].

Работа фармацевтических работников в аптеках относится к виду напряженных видов труда. Фармацевты подвергаются влиянию неблагоприятных условий микроклимата помещений.

Работа фармацевтических работников обусловлена нервными, эмоциональными и физическими нагрузками, а также влиянием факторов химического и биологического происхождения [7], [8], [9].

Фармацевты в наибольшей степени подвержены болезням органов дыхания. Это является следствием инфицирования работников, контактирующих с больными посетителями.

Эта проблема является одной из актуальной в плане анализа условий труда работников, организации рабочего процесса и разработки оздоровительно-лечебных мероприятий, направленных на сохранение работоспособности и профилактику производственного утомления.

Цель исследования: оценка условий труда фармацевтических работников г. Астрахани.

Материалы и принципы исследования

Проведено нами анкетирование среди фармацевтических работников (101 человек) в возрасте от 26 до 55 лет. Среди опрошенных преобладающее большинство были женщины – 76,2% (77) и лишь 23,8% (24) – мужчины. Опросник включал следующие блоки: социологическую характеристику, профессиональную деятельность, производственные факторы риска и медицинскую активность.

Данные исследования обрабатывались методами математической статистики с использованием t – критерия в программном пакете Statistica.

Результаты и обсуждение

Для получения репрезентативных данных были проанализированы 101 анкета фармацевтических работников аптек. Фармацевтические работники имеют высшее – 39,6% (40), незаконченное высшее – 10,9% (11) и среднее фармацевтическое образование – 49,5% (50). Проживают в городских условиях – 89,1% (90), в сельской местности – 10,9% (11) респондентов. Стаж работы в аптеках свыше 10 лет имеют 54,5% участников опроса. Совмещают более ставки – 4,9% (15).

Состояние своего здоровья респонденты оценивают, как хорошее – 60 (59,4%), удовлетворительное – 35 (34,6%), плохое – 3 (3,0%) и очень плохое – 3 (3,0%).

Хронические заболевания, установленные врачом, отмечены у 27 (26,7%) фармацевтических работников (болезни органов дыхания, органов пищеварения, кровообращения и др.). Анализ распространенности хронических заболеваний в зависимости от стажа работы выявил рост ее уровня в возрастной группе до 45 лет при стаже работы 10 лет.

За последние три года состояние здоровья респондентов не изменилось – 31 (30,7%), улучшилось – 35 (34,6%), ухудшилось – 23 (22,8%) и затруднились ответить – 12 (11,9%).

В течение последних двух лет диспансеризацию проходят – 90,1% (91) фармацевтов. За медицинской помощью в течение последних трех лет обращались в медицинские учреждения в связи с появлением / обострением заболеваний, которые вызваны особенностью работы – 34,7% (35) фармацевтических работников. Удовлетворены медицинским обслуживанием – 67,3% (68) респондентов.

При изучении питания показало, что услугами столовой пользуются 16,8% (17) фармацевтов, приносят еду из дома – 65,3% (66), завтракают и обедают дома – 7,9% (8), покупают еду в магазине – 5% (5) и не обедают – 5% (5). Многие респонденты принимают пищу беспорядочно: чередуют длительные перерывы с последующей массивной пищевой нагрузкой в вечернее время.

В процессе профессиональной деятельности фармацевты контактируют с больными посетителями и испытывают нервно-эмоциональную нагрузку, что может явиться следствием возникновения производственно-обусловленных заболеваний.

Опрос, проведенный среди фармацевтов, показал, что среди факторов, негативно влияющих на здоровье, респонденты отмечают статические и динамические нагрузки (неудобная рабочая поза - стоя, монотонность и однообразие, поднятие тяжестей), запыленность, недостаточный уровень освещения, повышенный уровень шума и др.

Вынужденное положение стоя приводит к большей нагрузке на опорно-двигательный аппарат. Боли в поясничном и шейном отделах позвоночника отмечают 30,7% респондентов, 25,7% фармацевтов отмечают в вечернее время возникновение чувства тяжести в ногах, отеки ног, способствует развитию варикозного расширения вен, плоскостопия.

Долгая работа в положении сидя способствует искривлению позвоночного столба, застою крови в венах абдоминальной полости и прямой кишки, это приводит к снижению функции желудочно-кишечного тракта и геморрою.

При работе в условиях недостаточной освещенности респонденты отмечают напряжение органа зрения. Возникает раздражительность, ослабление внимания, утомляемость глаз, головная боль. Шум отрицательно влияет на процесс трудовой деятельности, повышает утомляемость, понижает трудоспособность, замедляет психические реакции. Эти факторы могут способствовать развитию близорукости, нарушению сна, неврозов и др.

Состояние усталости в конце рабочей смены испытывали 76,2% (77) человек. Признаками психоэмоционального напряжения являются нарушения сна, головные боли, повышение артериального давления. Связывают изменения в состоянии своего здоровья с неблагоприятным воздействием вредных факторов производственной среды 20,8% (21) фармацевтических работников. При этом многие фармацевты хотели бы изменить характер, условия и режим труда.

Одной из серьезных проблем современного общества является гиподинамия, что обусловлено целым рядом причин – от вынужденно малоподвижности во время трудового процесса до повсеместной увлеченности работой за компьютером.

В свободное время более 68,3% фармацевтов ведут гиподинамический образ жизни: просмотр телепередач, работа за компьютером, и только лишь 22,8% (23) респондентов регулярно занимаются спортом. Это объясняется нехваткой свободного времени, проблемами со здоровьем, а также отсутствием внутренней мотивации к повышению двигательной активности.

Нами был определен индекс массы тела (ИМТ) у 30 респондентов. 66,7% (20) фармацевтов имеют высокий уровень ИМТ, 23,3% (7) – выше среднего и 10% (3) – средний уровень.

Соблюдение правил личной гигиены фармацевтами важно. Так как при их нарушении возможна передача внутриаптечной инфекции и контаминация лекарств. Соблюдают личную гигиену на работе – 97% (98) респондентов.

Таким образом, среди основных неблагоприятных факторов, определяющих ухудшение состояния здоровья фармацевтических работников можно выделить снижение уровня двигательной активности в сочетании с нарушением режима питания.

Заключение

По результатам проведенного исследования можно сделать вывод, что, на фармацевта воздействует комплекс факторов физической, химической, биологической природы и высокий уровень нервно-эмоциональных нагрузок. Работники аптечных организаций должны заниматься вопросами сохранения и укрепления индивидуального здоровья, в частности, формировать здоровый образ жизни. Также важное значение имеют регулярные занятия спортом и хороший психологический микроклимат в коллективе. Необходимо улучшение условий труда фармацевтических работников санитарно-техническими средствами, а также разработки комплекса оздоровительных мероприятий, информирование работников о факторах риска и методах их профилактики [10].

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Эльяшевич Е. Г. Новые функции провизора на современном этапе развития фармации / Е.Г. Эльяшевич // Вестник Витебского государственного медицинского университета. – 2015. – № 14(1). – С. 6-11.

2. Григорьева И.А. Фармацевтическое консультирование гериатрических пациентов: изучение информационных потребностей аптечных работников «Первого стола» / И.А. Григорьева, С.Н. Егорова, Т.А. Ахметова и др. // Вестник современной клинической медицины. – 2019. – 2(4). – С. 14-19.
3. Соболева М. С. Мировая практика осуществления профессиональных функций фармацевтических работников / М.С. Соболева, И.В. Амелина // Медико-фармацевтический журнал «Пuls». – 2017. – №19(6). – С. 152-157.
4. Чеснокова Н. Н. Совершенствование фармацевтического консультирование посетителей аптек при выборе средств консервативной терапии варикозной болезни нижних конечностей (без язв и воспалений) / Н.Н. Чеснокова, С.В. Кононова, С.В. Петрова // Кубанский научный медицинский вестник. – 2017. – 3. – С. 120-127.
5. Слюсар О. И. Этические и деонтологические аспекты фармацевтической деятельности / О.И. Слюсар, М.Р. Абузарова, К.В. Алексеев и др. // Медико-фармацевтический журнал «Пuls». – 2017. – 19(12). – С. 297-301.
6. Петров А. Г. Развитие и внедрение фармацевтической помощи – важнейший аспект профессиональной деятельности фармацевтического работника / А.Г. Петров // Медицина в Кузбассе. – 2014. – №3. – С. 10-16.
7. Гаврилина Н. И. Влияние социально важных функций на результат финансово-хозяйственной деятельности аптечной организации / Н.И. Гаврилина, М.Э. Авакян, А.А. Харахашян // Новая аптека. Эффективное управление. – 2010. – №9. – С. 39-42.
8. Кулик В. В. Результаты исследования отдельных показателей состояния здоровья фармацевтических работников аптечных организаций / В.В. Кулик, Т.И. Кабакова, Н.И. Гаврилина и др. // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Медицина. – 2013. – №6. – С. 64-67.
9. Джангозина Д. М. Факторы производственной деятельности, влияющие на условия труда фармацевтических работников / Д.М. Джангозина, К.С. Темиреева, И.А. Аманжол и др. // Международный журнал экспериментального образования. – 2009. – №3. – С. 31-33.
10. Неведов И.Ю. Социальная роль провизора в сохранении и укреплении здоровья человека / И.Ю. Неведов, И.Ю. Неведова // Вестник медицинского института «Реавиз»: реабилитация, врач и здоровье. – 2018. – №6(36). – С. 168-171.

Список литературы на английском языке / References in English

1. El'yashevich E. G. Novye funktsii provizora na sovremennoy etape razvitiya farmatsii [New functions of a pharmacist at the present stage of development of pharmacy] / E.G. El'yashevich // Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta [Bulletin of the Vitebsk State Medical University]. – 2015. – № 14(1). – P. 6-11. [in Russian]
2. Grigor'eva I. A. Farmatsevticheskoe konsul'tirovanie geriatricheskikh patsientov: izuchenie informatsionnykh potrebnostey aptechnykh rabotnikov «Pervogo stola» [Pharmaceutical counseling for geriatric patients: studying the information needs of pharmacy workers of the "First Table"] / I.A. Grigor'eva, S.N. Egorova, T.A. Akhmetova and others // Vestnik sovremennoy klinicheskoy meditsiny [Bulletin of modern clinical medicine]. – 2019. – 2(4). – P. 14-19. [in Russian]
3. Soboleva M. S. Mirovaya praktika osushchestvleniya professional'nykh funktsiy farmatsevticheskikh rabotnikov [World practice of implementation of professional functions of pharmaceutical workers] / M.S. Soboleva, I.V. Amelina // Mediko-farmatsevticheskiy zhurnal «Pul's» [Medico-pharmaceutical journal "Pulse"]. – 2017. – №19(6). – P. 152-157. [in Russian]
4. Chesnokova N. N. Sovershenstvovanie farmatsevticheskogo konsul'tirovanie posetiteley aptek pri vybere sredstv konservativnoy terapii varikoznoy bolezni nizhnikh konechnostey (bez yazv i vospaleniya) [Improving pharmaceutical advice to pharmacy visitors when choosing means of conservative therapy for varicose veins of the lower extremities (without ulcers and inflammations)] / N. N. Chesnokova, S. V. Kononova, S. V. Petrova // Kubanskiy nauchnyy meditsinskiy vestnik [Kuban Scientific Medical Bulletin]. – 2017. – 3. – P. 120-127. [in Russian]
5. Slyusar O. I. Eticheskie i deontologicheskie aspekty farmatsevticheskoy deyatel'nosti [Ethical and deontological aspects of pharmaceutical activity] / O.I. Slyusar, M.R. Abuzarova, K.V. Alekseev and others // Mediko-farmatsevticheskiy zhurnal «Pul's» [Medico-pharmaceutical journal "Pulse"]. – 2017. – 19(12). – P. 297-301. [in Russian]
6. Petrov A. G. Razvitie i vnedrenie farmatsevticheskoy pomoshchi – vazhneyshiy aspekt professional'noy deyatel'nosti farmatsevticheskogo rabotnika [The development and implementation of pharmaceutical care is the most important aspect of the professional activity of a pharmaceutical worker] / A.G. Petrov // Meditsina v Kuzbasse [Medicine in Kuzbass]. – 2014. – №3. – P. 10-16. [in Russian]
7. Gavrilina N. I. Vliyanie sotsial'no vazhnykh funktsiy na rezul'tat finansovo-khozyaystvennoy deyatel'nosti aptechnoy organizatsii [Influence of socially important functions on the result of financial and economic activity of a pharmacy organization] / N.I. Gavrilina, M.E. Avakyan, A.A. Kharakhashyan // Novaya apteka. Effektivnoe upravlenie [New Pharmacy. Effective management]. – 2010. – №9. – P. 39-42. [in Russian]
8. Kulik V. V. Rezul'taty issledovaniya otdel'nykh pokazateley sostoyaniya zdorov'ya farmatsevticheskikh rabotnikov aptechnykh organizatsiy [The results of the study of individual indicators of the state of health of pharmaceutical workers of pharmaceutical organizations] / V.V. Kulik, T.I. Kabakova, N.I. Gavrilina and others // Vestnik Rossiyskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: Meditsina [Bulletin of the Peoples' Friendship University of Russia. Series: Medicine]. – 2013. – №6. – P. 64-67. [in Russian]
9. Dzhangozina D. M. Faktory proizvodstvennoy deyatel'nosti, vliyayushchie na usloviya truda farmatsevticheskikh rabotnikov [Factors of production activity influencing the working conditions of pharmaceutical workers] / D.M. Dzhangozina, K.S. Temireeva, I. A. Amanzhol and others // Mezhdunarodnyy zhurnal eksperimental'nogo obrazovaniya [International Journal of Experimental Education]. – 2009. – №3. – P. 31-33. [in Russian]
10. Nefedov I. Y. Sotsial'naya rol' provizora v sokhraneni i ukreplenii zdorov'ya cheloveka [The social role of the pharmacist in maintaining and strengthening human health] / I. Yu. Nefedov, I. Yu. Nefedova // Vestnik meditsinskogo instituta «Reaviz»: reabilitatsiya, vrach i zdorov'e [Bulletin of the Medical Institute "Reaviz": rehabilitation, doctor and health]. – 2018. – №6(36). – P. 168-171. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.118.4.076>

ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ ДЕТЕЙ ВЕТРЯНОЙ ОСПОЙ

Научная статья

Аракельян Р.С.^{1,*}, Курбангалиева А.Р.², Аракелянц О.А.³, Лычагина И.И.⁴, Серова А.В.⁵, Моница С.И.⁶,
Ивлицкая А.А.⁷, Садаева Т.В.⁸, Магомедов А.А.⁹, Мухрыгина А.Д.¹⁰, Уткина Е.Д.¹¹

¹ ORCID: 0000-0001-7549-2925;

² ORCID: 0000-0002-0078-201X;

³ ORCID: 0000-0002-1182-0333;

⁴ ORCID: 0000-0002-6892-0239;

⁵ ORCID: 0000-0002-3464-5099;

⁶ ORCID: 0000-0002-6593-7254;

⁷ ORCID: 0000-0003-0141-1883;

⁸ ORCID: 0000-0001-6935-5430;

⁹ ORCID: 0000-0001-6678-9874;

¹⁰ ORCID: 0000-0002-2706-8983;

¹¹ ORCID: 0000-0003-4105-3662;

^{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11} Астраханский государственный медицинский университет, Астрахань, Россия;

² Центр гигиены и эпидемиологии в Астраханской области, Астрахань, Россия

* Корреспондирующий автор (rudolf_astrakhan[at]rambler.ru)

Аннотация

Цель работы. Изучить эпидемиологическую ситуацию по ветряной оспе среди детей Астраханской области за 2016 – 2020 гг.

Материалы и методы. Доля, так называемых «детских инфекций» (корь, ветряная оспа, коклюш, скарлатина, дифтерия, эпидемический паротит) в структуре общей детской инфекционной и паразитарной заболеваемости составила 3,0% (n=27145), при чем первое место среди данных инфекций принадлежит ветряной оспе – 93,7% (n=25440).

Результаты исследования. Случаи ветряной оспы регистрировались у детей всех возрастных групп, наиболее чаще встречаясь у детей дошкольного возраста (1 – 7 лет) – 65,9% (n=16753). В два раза реже случаи ветряной оспы отмечались у детей школьного возраста (7 – 17 лет) – 31,3% (n=7966). И в редких случаях – 2,8% (n=721) отмечалось у детей первого года жизни.

Рассматривая зараженность детей в зависимости от их места жительства, можно отметить, что большая часть заболевших проживала в областном центре и составила 50,2% (n=12776).

Если рассматривать зараженность детей по возрастным группам, то наибольшее число случаев заболевания приходилось, в основном, на детей, проживавших в городской черте. Так, у детей в возрасте до 1 года было зарегистрировано 2,9% (n=364) случаев от числа всех зарегистрированных в городской черте случаев ветряной оспы и 50,5% от числа всех случаев заболевания данной возрастной группы.

Выводы. Заболеваемость детей ветряной оспой на территории Астраханского региона остается напряженной, о чем свидетельствуют приведенные выше показатели. Заражению подвержены дети всех возрастных групп, при чем большую половину составляют пациенты в возрасте от 1 года до 7 лет.

Ключевые слова: ветряная оспа, дети, дошкольники, заболеваемость, «детские» инфекции.

EPIDEMIOLOGICAL ASPECTS OF THE INCIDENCE OF CHICKENPOX IN CHILDREN

Research article

Arakelyan R.S.¹, Kurbangalieva A.R.², Arakelyants O.A.³, Lychagina I.I.⁴, Serova A.V.⁵, Monina S.I.⁶, Ivlitskaya A.A.⁷, Sadaeva T.V.⁸, Magomedov A.A.⁹, Mukhrygina A.D.¹⁰, Utkina E.D.¹¹¹ ORCID: 0000-0001-7549-2925;² ORCID: 0000-0002-0078-201X;³ ORCID: 0000-0002-1182-0333;⁴ ORCID: 0000-0002-6892-0239;⁵ ORCID: 0000-0002-3464-5099;⁶ ORCID: 0000-0002-6593-7254;⁷ ORCID: 0000-0003-0141-1883;⁸ ORCID: 0000-0001-6935-5430;⁹ ORCID: 0000-0001-6678-9874;¹⁰ ORCID: 0000-0002-2706-8983;¹¹ ORCID: 0000-0003-4105-3662;

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 Astrakhan State Medical University, Astrakhan, Russia;

² Federal Hygienic and Epidemiological Center in the Astrakhan Region, Astrakhan, Russia,

* Corresponding author (rudolf_astakhan[at]rambler.ru)

Abstract

The aim of the study. To study the epidemiological situation of chickenpox among children of the Astrakhan region in the period from 2016 to 2020.

Materials and methods. The share of so-called "children's infections" (measles, chickenpox, whooping cough, scarlet fever, diphtheria, mumps) in the structure of the total infective and parasitic morbidity of children was 3.0% (n=27145), while the first place among these infections belongs to chickenpox – 93.7% (n=25440).

The results of the study. Cases of chickenpox were recorded in children of all age groups, while most often they occurred in preschool children (1-7 years old) – 65.9% (n=16753). Cases of chickenpox were twice as rare in school-age children (7-17 years old) – 31.3% (n=7966). And in rare cases – 2.8% (n= 721) was observed in children of the first year of life.

Considering the infection rate of children depending on their place of residence, it can be noted that most of the cases were recorded in the regional center and amounted to 50.2% (n=12776).

If we were to consider the infection rate of children by age groups, then the largest number of cases of the disease was mainly among children living in the urban area. 2.9% (n=364) of all cases of chickenpox registered in the city limits and 50.5% of all cases of the disease in this age group were registered in children under the age of 1 year.

Conclusions. As evidenced by the above-mentioned indicators, the incidence of chickenpox in children in Astrakhan Oblast remains tense. Children of all age groups are susceptible to infection, with more than half being patients aged 1 to 7 years.

Keywords: chickenpox, children, preschool children, morbidity, "children's" infections.

Введение

Ветряная оспа (МКБ-10: B01) – острое инфекционное заболевание, вызываемое вирусом Varicellazoster (VZV) из семейства Herpesviridae, передающееся воздушно-капельным путем, характеризующееся лихорадкой, интоксикацией, появлением характерной макулопапулезной и везикулезной сыпи и доброкачественным течением. Ветряная оспа – широко распространенное высоко-контагиозное заболевание, особенно в детском возрасте, что связано со всеобщей восприимчивостью, легкостью передачи инфекции и отсутствием массовой специфической профилактики. Заболевают дети всех возрастов, включая новорожденных и детей 1-го года жизни [1], [6].

В нашей стране доля ветряной оспы в структуре инфекционных болезней с аэрозольным механизмом передачи возбудителя ежегодно составляет более 80%, ежегодно в стране регистрируется от 500 000 до 1 150 000 случаев заболевания [1], [3], [7].

По данным Роспотребнадзора в условиях отсутствия в Национальном календаре профилактических прививок против вируса ветряной оспы в последние 10 лет в России отмечается эпидемический подъем заболеваемости как неуправляемой инфекцией [2].

Эпидемиологическая ситуация с заболеваемостью ветряной оспой как в мире, так и в России остается крайне нестабильной. Ежегодно в мире регистрируется около 60 млн. случаев заболевания среди детей и взрослых [4], [5], [8], [9], [10].

Цель работы. Изучить эпидемиологическую ситуацию по ветряной оспе среди детей Астраханской области за 2016 – 2020 гг.

Материалы и методы. Всего за анализируемый период на территории Астраханской области зарегистрировано 1202553 заражения человека инфекционными и паразитарными заболеваниями, из которых 74,6% (n=897094) пришлось на детей в возрасте до 17 лет. Доля, так называемых «детских инфекций» (корь, ветряная оспа, коклюш, скарлатина, дифтерия, эпидемический паротит) в структуре общей детской инфекционной и паразитарной заболеваемости составила 3,0% (n=27145), при чем первое место среди данных инфекций принадлежит ветряной оспе – 93,7% (n=25440).

Исследовательская работа проводилась на базе эпидемиологического отдела ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Астраханской области» И на базе кафедры инфекционных болезней и эпидемиологии ФГБОУ ВО Астраханский ГМУ Минздрава России.

Статистическая обработка результатов проводилась при помощи программ Microsoft Office Excel и BioStat Professional 5.8.4. Определяли среднюю арифметическую (М), процентное выражение ряда данных (%).

Результаты исследования. Как было отмечено ранее, за анализируемый период, на территории Астраханского региона у детей было зарегистрировано 25440 случаев ветряной оспы (всего было зарегистрировано 27194 случая), что составляет 93,6% от числа всех зарегистрированных случаев ветряной оспы.

Случаи ветряной оспы регистрировались у детей всех возрастных групп, наиболее чаще встречаясь у детей дошкольного возраста (1 – 7 лет) – 65,9% (n=16753). В два раза реже случаи ветряной оспы отмечались у детей школьного возраста (7 – 17 лет) – 31,3% (n=7966). И в редких случаях – 2,8% (n=721) отмечалось у детей первого года жизни.

Если рассматривать годовую заболеваемость детей, то наибольшее число случаев было зарегистрировано в 2016 – 2018 гг. и составило 73,1% (n=18597), в том числе 2016 г. – 26,0% (n=6606), 2017 г. – 20,0% (n=5086) и 2018 г. – 27,1% (n=6905). В остальные годы (2019 и 2020 гг.) число зарегистрированных случаев заражения детей ветряной оспой значительно снизилось и составило в 2019 г. – 17,2% (n=4363), в 2020 г. – 9,7% (n=2480).

В описанные годы случаи ветряной оспой регистрировались у детей всех возрастных групп (рис. 1).

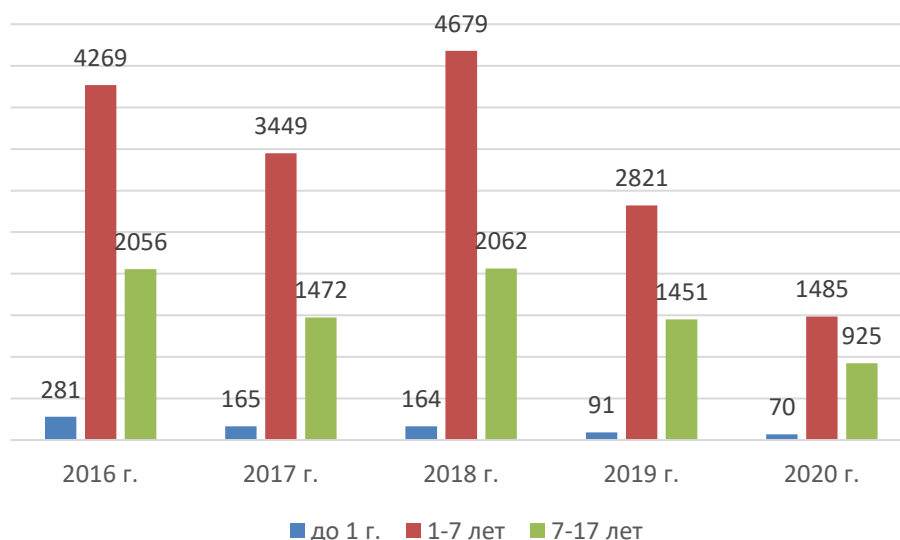


Рис. 1 – Число зарегистрированных у детей случаев ветряной оспой в зависимости от возрастных групп

Рассматривая зараженность детей в зависимости от их места жительства, можно отметить, что большая часть заболевших проживала в областном центре и составила 50,2% (n=12776) (таблица 1).

Таблица 1 – Число зарегистрированных случаев ветряной оспой у детей, проживавших в городских и сельских районах Астраханской области

Населенный пункт	Годы					Всего
	2016	2017	2018	2019	2020	
Ахтубинский	278	425	638	452	77	1870
Володарский	318	190	358	199	140	1205
Еногаевский	124	227	121	130	26	628
Икрянинский	398	155	329	122	49	1053
Камызякский	578	290	311	120	59	1358
Красноярский	245	420	304	312	147	1428
Лиманский	73	26	56	53	119	326
Наримановский	254	113	175	146	125	813
Приволжский	173	88	146	102	49	558
Харабалинский	334	228	564	79	164	1369
Черноярский	32	58	165	360	4	619
ЗАТО г. Знаменск	258	649	147	256	239	1549
Всего Астраханская область	3064	2869	3314	2331	1198	12776
г. Астрахань	3542	2217	3591	2032	1282	12664
Всего Астраханский регион	6606	5086	6905	4363	2480	25440

Если рассматривать зараженность детей по возрастным группам, то наибольшее число случаев заболевания приходилось, в основном, на детей, проживавших в городской черте. Так, у детей в возрасте до 1 года было зарегистрировано 2,9% (n=364) случаев от числа всех зарегистрированных в городской черте случаев ветряной оспы и 50,5% от числа всех случаев заболевания данной возрастной группы.

Доля детей в возрасте 1 – 7 лет составила 71,8% (n=9093) от числа всех городских случаев и 54,3% - от случаев данной возрастной группы.

Возрастной группы 7 – 17 лет составила 25,3% (n=3207) от числа всех городских случаев и 40,3% от группы всех детей в возрасте 7 – 17 лет.

Структура заболеваемости возрастных групп детей, проживавших в сельских районах Астраханской области немного меньше, чем у детей из городской черты: до 1 года – 2,8% (n=357) от числа всех детей Астраханской области и почти половина – 49,5% от числа всех детей данной возрастной группы.

Так, наибольшее число детей с выявленной ветряной оспой проживали в Ахтубинском – 2,5% (n=46) от числа всех зараженных детей данного района и 12,9% - от числа всех детей в возрасте до 1 года, проживавших в сельских районах Астраханской области, в Володарском – 3,8% и 12,9% (n=46) соответственно, в Красноярском – 2,8% и 11,2% и ЗАТО г. Знаменск – 2,6% и 12,9% (по n=40). В тоже самое время самое минимальное число зарегистрированных случаев ветряной оспы отмечалось у детей, проживавших в Лиманском – 2,1% и 2,0% (n=7) и в Черноярском районах Астраханской области – 1,9% и 3,4% (n=12) соответственно (таблица 2).

Таблица 2 – Число зарегистрированных случаев ветряной оспой у детей в возрасте до 1 года, проживавших в сельских районах Астраханской области

Населенный пункт	Годы					Всего
	2016	2017	2018	2019	2020	
Ахтубинский	9	12	19	5	1	46
Володарский	17	7	10	9	3	46
Енотаевский	5	13	2	4	-	24
Икрянинский	11	6	7	1	3	28
Камызякский	17	7	8	1	2	35
Красноярский	4	18	10	7	1	40
Лиманский	5	-	-	1	1	7
Наримановский	9	5	4	2	1	21
Приволжский	9	5	4	5	-	23
Харабалинский	9	10	9	1	6	35
Черноярский	1	1	4	6	-	12
ЗАТО г. Знаменск	7	19	6	5	3	40
Всего Астраханская область	153	103	83	47	21	357

Другая возрастная группа детей (1 – 7 лет) была представлена 60,0% (n=7660) от числа всех детей сельской местности и 45,7% - от детей данной возрастной группы.

Максимум заболевших детей с ветряной оспой было выявлено в Ахтубинском районе и составило 69,9% и 17,1% (n=1308) соответственно.

Как и в предыдущей возрастной группе (дети в возрасте до 1 года) минимальное число зарегистрированных случаев ветряной оспы отмечалось у детей, проживавших в Лиманском районе – 43,6% и 1,9% (n=142) соответственно (таблица 3).

Таблица 3 – Число зарегистрированных случаев ветряной оспой у детей в возрасте 1 – 7 лет, проживавших в сельских районах Астраханской области

Населенный пункт	Годы					Всего
	2016	2017	2018	2019	2020	
Ахтубинский	9	276	433	367	50	1308
Володарский	17	111	246	110	75	730
Енотаевский	5	136	68	53	11	336
Икрянинский	11	79	159	66	20	510
Камызякский	17	149	152	50	33	704
Красноярский	4	290	205	191	87	917
Лиманский	5	8	38	26	45	142
Наримановский	9	76	108	87	78	489
Приволжский	9	54	100	70	46	395
Харабалинский	9	129	345	49	66	765
Черноярский	1	27	85	192	1	322
ЗАТО г. Знаменск	7	468	100	179	108	1042
Всего Астраханская область	153	1803	2039	1440	620	7660

Еще одна группа детей в возрасте от 7 до 17 лет была представлена 37,2% (n=4759) – от числа всех детей сельской местности и 59,7% - от числа всех детей в возрасте 7 – 17 лет.

Так называемыми, «лидирующими» районами в данной возрастной группе оказались Камызякский и Харабалинский: 45,6% и 13,0% (n=619) и 41,6% и 12,0% (n=569) соответственно.

Минимальное число случаев ветряной оспы у детей в возрасте от 7 до 17 лет было зарегистрировано у маленьких пациентов, проживавших в Лиманском и Приволжском районах Астраханской области (таблица 4).

Таблица 4 – Число зарегистрированных случаев ветряной оспой у детей в возрасте 7 – 17 лет, проживавших в сельских районах Астраханской области

Населенный пункт	Годы					Всего
	2016	2017	2018	2019	2020	
Ахтубинский	87	137	186	80	26	516
Володарский	113	72	102	80	62	429
Енотаевский	51	78	51	73	15	268
Икрянинский	201	70	163	55	26	515
Камызякский	241	134	151	69	24	619
Красноярский	97	112	89	114	59	471
Лиманский	42	18	28	26	73	177
Наримановский	105	32	63	57	46	303
Приволжский	39	29	42	27	3	140
Харабалинский	149	89	210	29	92	569
Черноярский	14	30	76	162	3	285
ЗАТО г. Знаменск	64	162	41	72	128	467
Всего Астраханская область	1203	963	1192	844	557	4759

Выводы

Заболеваемость детей ветряной оспой на территории Астраханского региона остается напряженной, о чем свидетельствуют приведенные выше показатели. Заражению подвержены дети всех возрастных групп, при чем большую половину составляю пациенты в возрасте от 1 года до 7 лет.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

- Афони́на Н. М. Социально-экономическая значимость инфекционной патологии, обусловленной вирусом Varicella zoster / Н. М. Афони́на, И. В. Михеева // Материалы XXI Конгресса педиатров России с международным участием «Актуальные проблемы педиатрии». – М., 2019. – С. 3.
- Пути оптимизации диагностики и рациональной терапии детей, больных ветряной оспой, в условиях детской поликлиники / В. Ф. Баликин, М. С. Фило́сова, В. Е. Караваев и др. // В сборнике: Актуальные вопросы профилактики, диагностики и рациональной терапии заболеваний детского возраста. Материалы межрегиональной научно-образовательной конференции, посвященной 45-летию организации детской специализированной службы Ивановской области. – 2017. – С. 15-17.
- Габбасова Н. В. Ветряная оспа: эпидемиологическая ситуация в воронежской области, проблемы и пути решения /Н. В. Габбасова // Научно-медицинский вестник центрального Черноземья. – 2017. – № 67. – С. 122-134.
- Toll-подобные рецепторы, распознающие лиганды вируса герпеса /В. В. Зверев, О .А. Ганковская, Л. В. Панковская и др. // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. – 2009. – № 2. – С. 108–111.
- Инфекционная заболеваемость в РФ в 2019–2020 гг. (информационный сборник). – М.: ФЦГСЭН МЗ РФ, 2020. – С. 12.
- Клинические варианты осложненной ветряной оспы у детей /Л. Н. Мазанкова, Э. Р. Самитова, С. Г. Горбунов и др. //Практика педиатра. – 2019. – № 3. – С. 13-16.
- Передельская Е. А. Клинико-эпидемиологическая характеристика ветряной оспы у детей 0-17 лет в городе Барнауле / Е. А. Передельская, Т. В. Сафьянова, М. М. Дручанов // Журнал инфектологии. – 2021. – Т. 13. – № 1. – С. 66-70.
- Санитарные правила и нормы СанПИН 3.1.3525-18 «Профилактика ветряной оспы и опоясывающего лишая. – М. – 2018. – С. 15
- Скрипченко Е. Ю. Современный взгляд на особенности течения ветряной оспы у детей и возможности специфической профилактики / Е.Ю. Скрипченко, Г.П. Иванова, Н.В. Скрипченко и др. // Практическая медицина. – 2021. – Т. 19. – № 2. – С. 8-13.
- Таточенко, В. К. Вакцинация против ветряной оспы /В. К. Таточенко // Вопросы современной педиатрии. – 2009. – Т. 8. – № 3. – С. 114-119.

Список литературы на английском языке / References in English

- Afonina, N. M. Social'no-jekonomicheskaja znachimost' infekcionnoj patologii, obuslovlennoj virusom Varicella zoster [Socio-Economic Significance of Infectious Pathology Caused by the Varicella Zoster Virus] / N.M. Afonina, I.V. Miheeva //

Materialy XXI Kongressa pediatrov Rossii s mezhdunarodnym uchastiem «Aktual'nye problemy pediatrii» [Materials of the XXI Congress of Pediatricians of Russia With International Participation “Actual Problems of Pediatrics”]. – M., 2019. – p. 3. [in Russian]

2. Puti optimizacii diagnostiki i racional'noj terapii detej, bol'nyh vetrjanoj ospoj, v uslovijah detskoj polikliniki [Ways to Optimize the Diagnosis and Rational Therapy of Children With Chickenpox in a Children's Polyclinic] / V.F. Balikin, M.S. Filosova, V.E. Karavaev et al. // V sbornike: Aktual'nye voprosy profilaktiki, diagnostiki i racional'noj terapii zabolevanij detskogo vozrasta. Materialy mezhregional'noj nauchno-obrazovatel'noj konferencii, posvjashhennoj 45-letiju organizacii detskoj specializirovannoj sluzhby Ivanovskoj oblasti. [In the Collection: Topical Issues of Prevention, Diagnosis and Rational Therapy of Childhood Diseases. Materials of the Interregional Scientific and Educational Conference Dedicated to the 45th Anniversary of the Organization of the Children's Specialized Service of the Ivanovo Region.] – 2017. – pp. 15-17. [in Russian]

3. Gabbasova, N. V. Vetrjanaja oспа: jepidemiologicheskaja situacija v voronezhskoj oblasti, problemy i puti reshenija [Chickenpox: Epidemiological Situation in the Voronezh Region, Problems and Solutions] / N.V. Gabbasova // Nauchno-medicinskij vestnik central'nogo Chernozem'ja [Scientific and Medical Bulletin of the Central Chernozem Region]. – 2017. – № 67. – pp. 122–134]. [in Russian]

4. Toll-podobnye receptory, raspoznajushhie ligandy virusa gerpesa [Toll-Like Receptors Recognizing Herpes Virus Ligands] / V.V. Zverev, O.A. Gankovskaja, L.V. Pankovskaja et al. // Zhurnal mikrobiologii, jepidemiologii i immunobiologii [Journal of Microbiology, Epidemiology and Immunobiology]. – 2009. – № 2. – pp. 108–111. [in Russian]

5. Infekcionnaja zabolevaemost' v RF v 2019–2020 gg. (informacionnyj sbornik) [Infectious Morbidity in the Russian Federation in 2019-2020 (Informational Collection)]. – M.: FCGSJeN MZ RF, 2020. – p. 12. [in Russian]

6. Klinicheskie varianty oslozhennoj vetrjanoj ospy u detej [Clinical Variants of Complicated Chickenpox in Children] / L.N. Mazankova, Je.R. Samitova, S.G. Gorbunov et al. // Praktika pediatra [Pediatrician's Practice]. – 2019. – № 3. – pp. 13-16. [in Russian]

7. Peredel'skaja, E. A. Kliniko-jepidemiologicheskaja harakteristika vetrjanoj ospy u detej 0-17 let v gorode Barnaule [Clinical and Epidemiological Characteristics of Chickenpox in Children 0-17 Years Old in Barnaul] / E. A. Peredel'skaja, T. V. Saf'janova, M. M. Druchanov // Zhurnal infektologii [Journal of Infectology]. – 2021. – Vol. 13. – № 1. – pp. 66-70. [in Russian]

8. Sanitary Rules and Norms of SanPIN 3.1.3525-18 «Profilaktika vetrjanoj ospy i opojasyvajushhego lishaja» [Prevention of Chickenpox and Shingles]. – M. – 2018. – p. 15 [in Russian]

9. Sovremennij vzgljad na osobennosti techenija vetrjanoj ospy u detej i vozmozhnosti specificheskoy profilaktiki [A Modern View on the Peculiarities of the Course of Chickenpox in Children and the Possibilities of Specific Prevention] / E. Ju. Skripchenko, G. P. Ivanova, N. V. Skripchenko et al. // Prakticheskaja medicina [Practical Medicine]. – 2021. – Vol. 19. – № 2. – pp. 8-13. [in Russian]

10. Tatochenko, V. K. Vakcinacija protiv vetrjanoj ospy [Vaccination Against Chickenpox] / V. K. Tatochenko // Voprosy sovremennoj pediatrii [Issues of Modern Pediatrics]. – 2009. – Vol. 8. – № 3. – pp. 114–119. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.118.4.077>**РИСК ПОЯВЛЕНИЯ КРОВОТЕЧЕНИЯ У РОЖЕНИЦ, ПЕРЕНЕСШИХ COVID-19
ВО ВРЕМЯ БЕРЕМЕННОСТИ**

Научная статья

Аушева М.Д.¹, Байтемирова С.Д.², Комарова К.В.³, Осипенко Д.А.⁴, *^{1, 2, 3, 4} Медицинский университет Караганды, Караганда, Казахстан

* Корреспондирующий автор (Dinara.Akataeva[at]gmail.com)

Аннотация

Цель. Определить факторы риска возникновения акушерского кровотечения у рожениц на фоне наличия COVID-19.

Материал и методы. В условиях Коммунального государственного предприятия «Перинатальный центр г. Караганды» и кафедры акушерства, гинекологии и перинатологии Медицинский Университет Караганды выполнено анализирование 200 рожениц. Обследуемые роженицы рандомизированы на 2 группы в зависимости от наличия COVID-19. Первая (n=100) – роженицы с подтвержденной коронавирусной инфекцией, их средний возраст был 29,7±4,81 лет. Вторая группа (n=100) – роженицы без COVID-19, их возраст – 30,2±5,23 лет. Вид исследования – проспективный, метод – со сплошной выборкой, при втором уровне доказательности. В исследовании определены выраженность эндотоксикоза, процессы липопериокисления, функциональное состояние микроциркуляции и системы гемостаза.

Результаты. Развитие акушерских кровотечений в периоде до и после родов ассоциировано с коронавирусной инфекцией, которая обуславливает ряд нарушений в системе гомеостаз – проявление синдрома эндогенной интоксикации, развитие оксидативного стресса, активация фосфолипазной системы, угнетение антиоксидантной деятельности, микроциркуляторная депрессия, и гемостатические нарушения (гипокоагуляция, гиперфибринолиз). У рожениц с коронавирусной инфекцией также отмечилось, что встречаемость акушерских кровотечений была больше относительно группы сравнения и до родов – в 10 раз (p=0,01), и после родов – в 29 раз (p=0,01). Применение кесарева сечения также имело свою особенность, оно было сопряжено с COVID-19 инфекцией. Их количество совпадало с частотой возникновения акушерского кровотечения (p=0,01).

Закключение. Эти клиничко-лабораторные данные по отклонению гомеостаза, в том числе и коагуляционной системы крови, имеют академическую значимость, и определяют вектор патогенетического процесса рожениц с коронавирусной болезнью до и после родового периода. Зная течение, прогнозы и исходы беременности и родов женщин, перенесших коронавирусную инфекцию можно сократить количество послеродовых кровотечений, и оперативного родоразрешения.

Ключевые слова: акушерские кровотечения, роды, эндотоксикоз, COVID-19, перекисное окисление липидов, фосфолипазы, микроциркуляция, гемостаз.

THE RISK OF BLEEDING IN WOMEN AFTER COVID-19 DURING PREGNANCY

Research article

Ausheva M.D.¹, Baytemirova S.D.², Komarova K.V.³, Osipenko D.A.⁴, *^{1, 2, 3, 4} Karaganda Medical University, Karaganda, Kazakhstan

* Corresponding author (Dinara.Akataeva[at]gmail.com)

Abstract

The aim of the article is to determine the risk factors for obstetric bleeding in women in labor against the background of COVID-19.

Material and methods. In the Municipal State Enterprise "Perinatal Center of Karaganda" and the Department of Obstetrics, Gynecology and Perinatology of the Medical University of Karaganda, an analysis of 200 women in labor was performed. The examined women in labor were randomized into 2 groups depending on the presence of COVID-19. The first (n=100) was women in labor with confirmed coronavirus infection, their average age was 29.7±4.81 years. The second group (n=100) – women in labor without COVID-19, their age is 30.2 ± 5.23 years. The type of research is prospective, the method is with a solid sample, with the second level of evidence. The study determined the severity of endotoxemia, the processes of lipoperoxidation, the functional state of microcirculation and the hemostasis system.

Results. The development of obstetric bleeding in the period before and after childbirth is associated with coronavirus infection, which causes a number of disorders in the homeostasis system such as the manifestation of endogenous intoxication syndrome, the development of oxidative stress, activation of the phospholipase system, inhibition of antioxidant activity, microcirculatory depression, and hemostatic disorders (hypocoagulation, hyperfibrinolysis). In women in labor with coronavirus infection, it was also noted that the incidence of obstetric bleeding was higher relative to the comparison group both before childbirth – by 10 times (p=0.01), and after childbirth – by 29 times (p=0.01). The use of caesarean section also had its own peculiarity, it was associated with COVID-19 infection. Their number coincided with the frequency of obstetric bleeding (p= 0.01).

Conclusion. These clinical and laboratory data on the deviation of homeostasis, including the coagulation system of blood, have academic significance, and determine the vector of the pathogenetic process of women in labor with coronavirus disease before and after the labor period. Knowing the course, prognoses, and outcomes of pregnancy and childbirth of women who have had a coronavirus infection, it is possible to reduce the number of postpartum bleeding and operative delivery.

Keywords: obstetric bleeding, childbirth, endotoxemia, COVID-19, lipid peroxidation, phospholipases, microcirculation, hemostasis.

Введение

С декабря 2019 г. по настоящее время динамика инфекции COVID-19 показывает, что разным аспектам пандемии данной патологии удастся большой интерес научных авторов, а именно, эпидемиологическим, этио-патогенетическим, клиническим, терапевтическим и профилактическим [1].

На данный момент эпидемиологическими данными выявлено, что общая распространенность во всем мире составляет 278 млн, смертность – 5,3 млн, а в России 10,1 млн, летальность – 295 тыс. [2], [3].

Встречаемость COVID-19 у беременных в среднем составляет 10,0 %. Метаанализ, в котором включен 2500 беременных с подтвержденной коронавирусной патологией, показал, что 74,1 % беременных были в 3-м триместре, 40,2 % – с ожирением, 31,2 % – с сопутствующими заболеваниями [4]. В Великобритании, встречаемость госпитализации беременных с COVID-19 равняла 5,1 на 1000 матерей, при этом, 40,8 % были в возрасте 35 и старше, 70,0 % – с избыточной массой, 35,0 % – с сопутствующими патологиями [5].

Наличие COVID-19 у беременных является фактором риска прогрессирования беременности. По данным VictoriaVallejo [6], у беременных с коронавирусной инфекцией регистрированы преждевременный разрыв плотных оболочек, преэклампсии, преждевременные роды, постродовые кровотечения, выкидыши, задержка роста плода, составляя – 15,0, 6,0, 25,0, 10,3, 14,1, 24,3 %. В данном исследовании показано, что применение оперативного родоразрешения (61,2 – 100,0 % ($p=0,01$)) и частоты рожденных детей с низкой массой были больше относительно беременных без COVID-19 на 56,4 и 41,2 % ($p=0,01$).

Патогенетический механизм коронавирусной инфекции по настоящее время малоизучен [7]. Сведение современной литературы (отечественной и зарубежной) выявлено, что при проникновении коронавируса SARS-CoV-2 через респираторную систему в альвеолы. Вирусно-клеточный контакт, осуществляемый связью с рецепторы трансмембранной сериновой протеазы типа 2 и ангиотензин превращающего фермента II типа (АПФ), расположенных на мембранах пневмоцитов, ведет к диффузному поражению альвеолярных эпителиев. Эти изменения вызывают формирование локального воспалительного процесса, активацию цитокинового шторма иммунной системы, развитие эндогенной интоксикации, клеточной гипоксии, интенсификацию перекисного окисления липидов, ингибирование антиоксидантной защиты. Это приводит к прогрессированию течения заболевания в виде развития системной воспалительной реакции, и дисфункции важных органов, в частности острого респираторного дистресс-синдрома, печеночной депрессии, коагулопатии [8].

С другой стороны, одним из важнейших вопросов гинекологической практики является акушерские кровотечения (АК). Оно составляет 21,2–24,8 % среди основных пяти причин высокой материнской смертности (эклампсии, сепсиса, аборта, узкого таза). Основными этиологическими факторами АК представляются аборт, онкологическое заболевание матки, внематочная и шеечная беременность, предлежание и задержка плаценты, преэклампсия, многоплодие, крупный плод, слабая деятельность рода, хирургическое родоразрешение, повреждение родовых путей, нарушение сократимости матки, или расстройство системы свертывания [9], [10].

Цель исследования

Определить факторы риска возникновения акушерского кровотечения у рожениц на фоне наличия COVID-19.

Материалы и методы

В основу этого исследования положены данные клиничко-биохимически-инструментальных обследований.

В условиях Коммунального государственного предприятия «Перинатальный центр г. Караганды» выполнено анализирование 200 рожениц.

Полученные данные обработаны на кафедре акушерства, гинекологии и перинатологии Медицинский Университет Караганды при согласовании с этическими нормативами клинического исследования «Хельсинкская декларация» [11].

Обследуемые роженицы рандомизированы на 2 группы в зависимости от наличия COVID-19. Первая (основная группа, I-я, $n=100$) – роженицы с подтвержденной коронавирусной инфекцией, их средний возраст был $29,7 \pm 4,81$ лет. Группа сравнения (вторая, II-я, $n=100$) – роженицы без COVID-19, их возраст – $30,2 \pm 5,23$ лет.

Критерии входа пациенток. Материал – роженицы; клинический диагноз «коронавирусная инфекция» только в первой группе; подписанное собственное согласие; выполнение врачебной инструкции; осложнение беременности – акушерское кровотечение; возрастающая категория больных от 19 до 42 лет, легкие сопутствующие патологии.

Критерии отмены: клинический диагноз «коронавирусная инфекция» во второй группе; возраст моложе 19 и старше 42 года; персональный отказ от исследования; нарушение врачебного протокола; осложнение беременности – кроме кровотечения; тяжелые сопутствующие болезни.

В исследование включено обследование условно-нормальных женщин ($n=50$), как референсные показатели, возраст – от 20 до 50 лет.

Вид исследования – проспективный, метод – со сплошной выборкой, при втором уровне доказательности.

Респондентам проводилось базисное лечение, в которое входили: антикоагулянтный, антивирусный, гормональный, инфузионно-детоксикационный, антибактериальный, десенсибилизирующий, и др. компоненты.

В исследование включены следующие методы.

Оценка эндотоксикоза по плазменной концентрации гидрофильных (молекул средней массы (МСМ - $\lambda=254$ нм (усл. ед.)) и гидрофобных метаболитов (индекса токсичности (ИТ, усл. ед.)).

Определение липопериокисления – интенсификации перекисного окисления липидов (ПОЛ) по сыровоточному значению малонового (МДА, нМоль/г белка) диальдегида и диеновых (ДК, у.е./мг липидов) конъюгатов; фосфолипиды A_2 (ФЛ A_2 , мкмоль/г белка); исупероксиддисмутазы (СОД) усл. ед.

Оценка функционального состояния системы гемостаза аппаратом тромбозластографа TEG® 5000 (США) по содержанию показателя реактивного времени (РВ, мин., отражающего коагуляционную способность) и показателя процесса лизиса сгустка (ПЛС, %, показывающего фибринолитическую активность)). Также включены стандартные

параметры свертывания (АЧТВ (активированное частичное тромбопластиновое время, сек), ПТИ (протромбиновый индекс, %).

Состояние микроциркуляции оценено по лазерной доплеровской флометрии аппаратом ЛАКК-02 (НПП «Лазма», Москва) при помощи светового зонда. Исследованы следующие параметры – показатель микроциркуляции (ПМ, пф. ед., отражающий сосудистую перфузию) и индекс эффективности микроциркуляции (ИЭМ, %, представляющий механизм регуляции кровеносного потока).

Контрольный срок – день до родов, и 1-е сутки после них.

Полученные результаты обработаны статистическим методом t-критерий Стьюдента и критерий Харди-Вайнберга с использованием цифровых программ Statistica 12.0 и Microsoft Word Excel 2013.

Результаты исследования

По ходу анализирования лабораторных результатов установлено у исследуемых лиц формирование синдрома эндотоксикоза.

До родового акта у пациенток первой группы (с коронавирусной инфекцией) зарегистрировано развитие эндотоксического проявления. Содержание ИТ и МСМ в плазме крови превышало нормальную группу на 22,7 и 28,1 % ($p=0,01$). В той же группе на первые сутки после родов значение индекса токсичности и молекул средней массы продолжалось увеличиваться по сравнению с референсным параметром на 38,1 и 45,1 % ($p=0,01$) (рис. 1).

У пациенток второй группы, без COVID-19 показатель гидрофильных (МСМ) был в пределах исхода как до родового процесса, так и после него. Однако, гидрофобный метаболит (ИТ) в дородовом периоде соответствовал норме, а в послеродовом повышался на 11,7 % ($p=0,01$) (рис. 1).

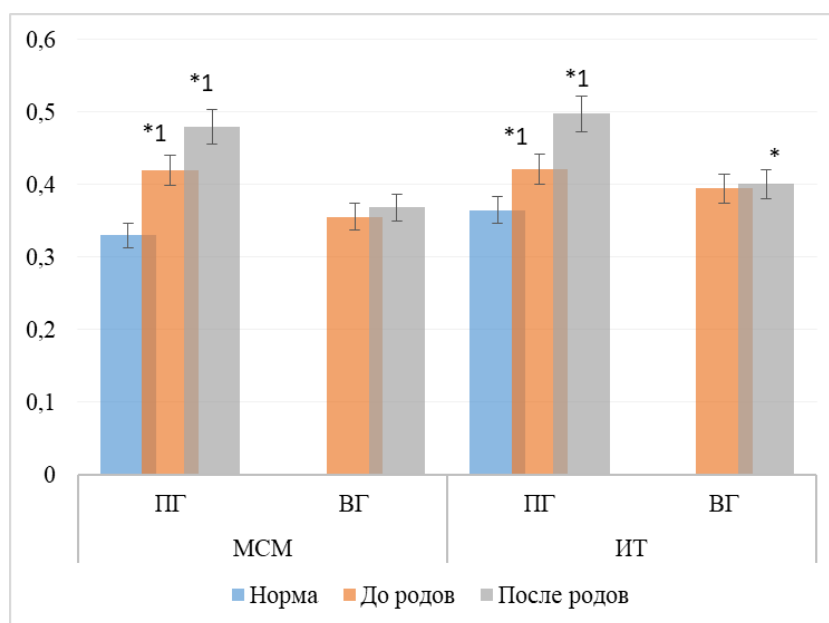


Рис. 1 – Параметры синдрома эндотоксикоза

Примечание: здесь и далее. ПГ – первая группа, ВГ – вторая группа. * – достоверное отличие относительно группы нормы при $p<0,05$; ¹ – достоверное отличие относительно группы сравнения при $p<0,05$

При изучении показателей процессов липопериокисления липидов у изучаемых рожениц выявлены активация перекисного окисления липидов и фосфолипазной активности и угнетение антиоксидантной реакции.

Итак, в периоде до родовой деятельности у рожениц основной зарегистрировано следующее: увлечение концентрации ДК, МДА и ФЛ А₂ на 34,2, 41,3 и 25,2 % ($p=0,01$), ингибирование СОД – на 21,8 % ($p=0,01$) (рис. 2).

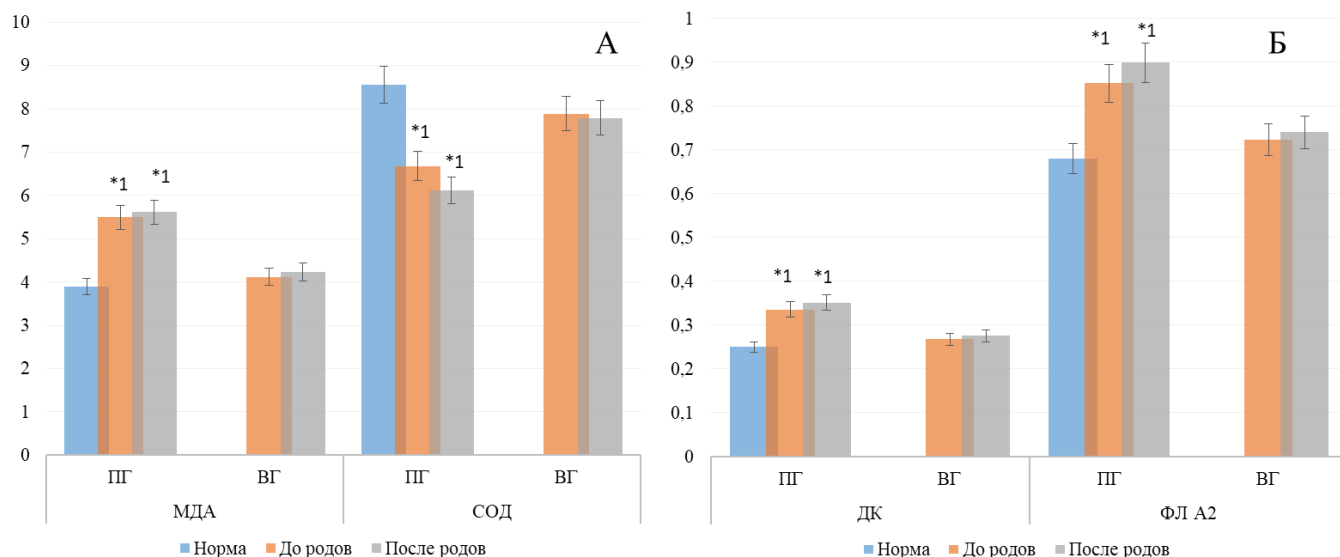


Рис. 2 – Параметры липопериокисления:
а – ИТ и МДА, б – МСМ и ФЛ A₂

После родов пациентки с коронавирусной инфекцией уровень диеновых конъюгатов, малонового диальдегида и фосфолипазы A₂ в плазме крови еще повышал референсный параметр на 40,3, 44,2 и 32,1 % (p=0,01). Концентрация супероксиддисмутаза была понижена на 28,6 % (p=0,01) (рис. 2).

Показатели перекисного окисления липидов, фосфолипазной и антиоксидантной системы у рожениц группы сравнения сохранились в исходном состоянии (рис. 2).

Согласно результатам лазерной доплеровской флометрии отмечено, что на фоне инфекции COVID-19 рожениц отмечено нарушение микроциркуляции (рис. 3).

В первой группе значение показателя микроциркуляции и индекса эффективности микроциркуляции крови было снижено в день до родового акта, так и после него на 17,2 и 20,6 и 22,6 и 27,6 % (p<0,05) (рис. 3).

Во второй группе микроциркуляторное состояние было в пределах нормы.

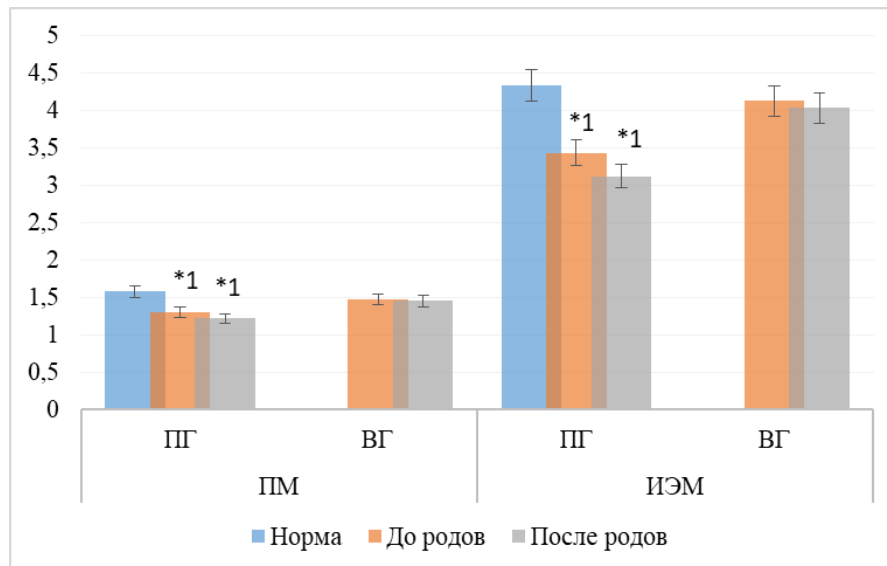


Рис. 3 – Параметры микроциркуляции

Нами установлено, что у беременных до родов с коронавирусной инфекцией наблюдались гипокоагуляция и гиперфибринолиз.

У респонденток основной группы величина РВ, ПТИ и АЧТВ была удлинена при сравнении с референсным показателем в родовом времени на 15,3, 16,2 и 14,8 % (p=0,01). В тоже время наблюдалась активация фибринолиза – сокращение ПЛС на 14,2 % (p=0,01) (рис. 4)

На ранние послеродовые сутки у пациенток первой группы значение показатели коагуляционной способности системы гемостаза (реактивное время, протромбинового индекса, активированного частичного тромбопластинового времени) было длиннее нормы на 19,3, 21,5 и 17,8 % (p=0,01). Здесь, фибринолитическая активность была повышена на 16,8 % (p=0,01) (рис. 4).

Во второй группе показатели (коагуляции и фибринолиза) состояние системы свертывания у беременных без коронавирусной инфекции были в пределах исхода (рис 4).

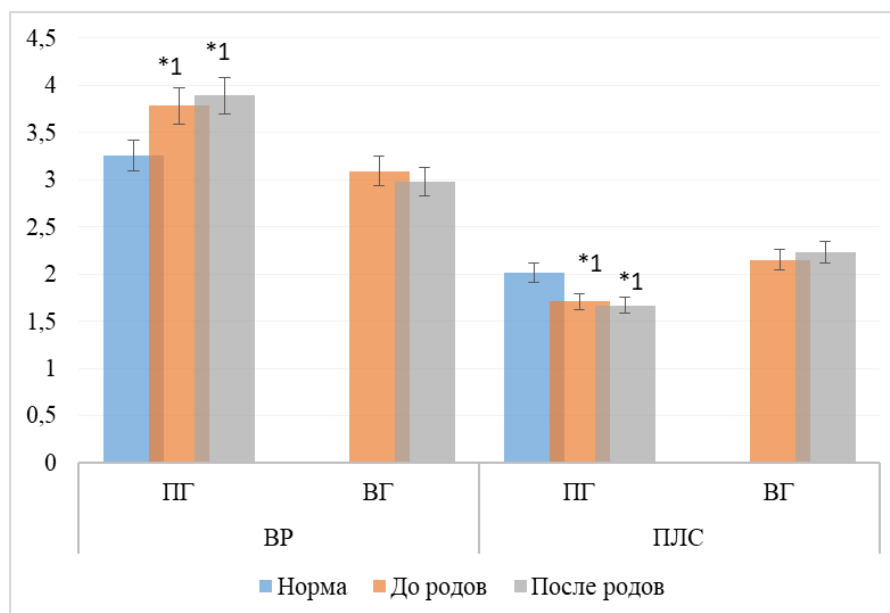


Рис. 4 – Параметры ТЭГ

При изучении клинических данных обнаружено, что течение беременности в первой группе протекало с формированием акушерского кровотечения, частота которого в дородовом периоде составила 45 (45,0 %, $p=0,01$) беременных, а в послеродовом периоде 62 (62,0 %, $p=0,01$).

У пациенток второй группы, без инфекции, акушерские кровотечения зарегистрированы до родов (у 4 (4,0 %)), и после родов (у 2 (2,0 %)).

В результате развития данного вида осложнений (у 45 (45 %) рожениц в основной группе и у 4 (4,0 %) в группе сравнения) было принято хирургическое родоразрешение.

Результатами сравнительного анализа первой с второй группой выявлено, что интенсивность гомеостатических расстройств, в частности и системы свертывания, была сопряжена непосредственно с наличием коронавирусной болезни. Сопоставительным тестом установлено, что вышеуказанные изменения в основной группе были существенно больше, чем группы сравнения и в дородовом дне, и в послеродовом. При этом, выраженность синдрома эндогенной интоксикации (ИТ, МСМ) было выше на 16,5 и 25,2, 10,2 и 19,2 % ($p=0,01$); активность липопериокисления (ДК, ФЛ A_2) – выше – на 20,1 и 21,3, 15,8 и 17,3 % ($p=0,01$); ингибирование антиоксидантной активности – выше – на 18,1 и 24,6 % ($p=0,01$); снижение микроциркуляторного снабжения (ПМ, ИЭМ) – на 11,2 и 13,5, 20,2 и 26,8 % ($p=0,01$). Регистрируемая коагулопатия была больше степени в первой группе. Гипокоагуляция – удлинение параметров РВ, ПТИ больше на 11,2 и 15,6, 12,5 и 14,8 % ($p=0,01$), и гиперфибринолиз – сокращение ПЛС – выше – на 22,3 и 27,6 % ($p=0,01$).

Встречаемость акушерского кровотечения у рожениц первой группы была больше относительно группы сравнения до родов – в 10 раз ($p=0,01$), и после родов – в 29 раз ($p=0,01$).

Использование кесарева сечения также было ассоциировано с возникновением АК ($p=0,01$).

При проведении корреляционного теста отмечено, что у рожениц с коронавирусной инфекцией зарегистрирована корреляционная зависимость между параметрами (ИТ, ДК, ФЛ A_2 , СОД, ПМ) гомеостатической системы с гемостатическими расстройствами ($p=0,01$) (табл. 1).

У респонденток группы сравнения данная корреляционная зависимость – была недостоверна (табл. 1).

Таблица 1 – Корреляционная зависимость между показателями гомеостаза при легкой степени коронавирусной инфекции

Показатель	ИТ	ДК	ФЛ A_2	СОД	ПМ
Первая группа					
РВ	0,798	0,725	0,899	0,791	0,756
ПЛС	0,734	0,841	0,834	0,782	0,827
Вторая группа					
РВ	0,312	0,348	0,411	0,342	0,378
ПЛС	0,357	0,403	0,457	0,388	0,415

Обсуждение результатов

Известно, что стартовым признаком проявления коронавирусной инфекции представляется формирование синдрома эндогенной интоксикации, характеризующегося секрецией ряда токсических метаболитов в плазме и

накоплением их избыточных концентрациях в органах организма, следовательно, нарушает функциональный баланс системы гомеостаза [12].

При этом формирование синдром эндогенной интоксикации вызывает деградиционные изменения клетки важных органов, в том числе плаценты, что проявляется существенной активацией перекисного окисления липидов и фосфолипидной системы, и ингибированием антиоксидантного комплекса [13].

Многие авторы, в своих актуальных работах, выявлено, что развитие эндотоксикоза, провоцирующего процессы липопериокисления, сопровождается дисбалансом ренин-ангиотензиновой системы, эндотелиопатией, провоспалительной вазоконстрикцией, что ведет к расстройству регионарной микроциркуляции, особенно плаценты, печени, и др. Это является фактором риска прогрессирования течения беременных и развития осложнений, в том числе и акушерское кровотечение [14], [15].

Патогенетические изменения (формирование эндогенной интоксикации, ПОЛ, фосфолипидной активности, антиоксидантная дисфункция) гомеостатической системы у рожениц, развивающиеся на фоне COVID-19 инфекции, ведут к существенным расстройствам свертывающей системы, с одной стороны, и утяжелению беременности и формированию серьезных последствий, с другой [16], [17].

При изучении данных наших исследований показано, что у рожениц с COVID-19 инфекцией регистрированы существенные нарушения в системе гомеостаза как до родов, так и после.

У исследуемых пациенток наблюдались развитие синдрома эндотоксикоза, активации перекисного окисления липидов и фосфолипидной системы, ингибирования антиоксидантной активности, снижения микроциркуляции, расстройства свертывающей системы (гипокоагуляции и гиперфибринолиза) (рис. 1, 2, 3, 4).

В тоже время, у беременных без коронавирусной патологии также наблюдались вышеуказанные нарушения, однако, не достоверно. Их значения колебались в пределах нормы.

Сравнительный анализ показал, что гомеостатические расстройства у рожениц основной группы (с коронавирусной инфекцией) были значительно выше, чем корреспондентов группы сравнения (без COVID-19) в сроке и перед родовым процессом, и в раннем после него.

Наши результаты подтверждают, что количество развития акушерского кровотечения у пациенток с коронавирусной инфекцией превышало группу рожениц второй группы в 10 раз ($p=0,01$) до родовой деятельности, и – в 29 раз ($p=0,01$) после него.

Корреляционным анализом у пациенток первой группы (с коронавирусной инфекцией) установлена достоверная взаимосвязь интенсивности расстройств гомеостатической системы с гемостатическими нарушениями (табл. 1)

Выводы

1. Развитие акушерских кровотечений в периоде до и после родов ассоциировано с коронавирусной инфекцией, которая обуславливает ряд нарушений в системе гомеостаз – проявление синдрома эндогенной интоксикации, развитие оксидативного стресса, активация фосфолипидной системы, угнетение антиоксидантной деятельности, микроциркуляторная депрессия, и гемостатические нарушения (гипокоагуляция, гиперфибринолиз).

2. У рожениц с наличием коронавирусной инфекции также отмечилось, что встречаемость акушерских кровотечений была больше относительно группы сравнения и до родов – в 10 раз ($p=0,01$), и после родов – в 29 раз ($p=0,01$).

3. Применение кесарева сечения также имело свою особенность, оно было сопряжено с COVID-19 инфекцией. Их количество совпадало с частотой возникновения акушерского кровотечения ($p=0,01$).

4. Зная течение, прогнозы и исходы беременности и родов женщин, перенесших коронавирусную инфекцию, можно сократить количество послеродовых кровотечений и, и оперативного родоразрешения.

5. Эти клиничко-лабораторные данные по отклонению гомеостаза, в том числе и коагуляционной системы крови, имеют академическую значимость, и определяют вектор патогенетического процесса рожениц с коронавирусной болезнью до и после родового периода.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. COVID-19: Virology, biology and novel laboratory diagnosis / M. Mohamadian, H. Chiti, A. Shoghli et al. // J Gene Med. – 2021. – 23(2). – DOI: 10.1002/jgm.3303.
2. The novel coronavirus Disease-2019 (COVID-19): Mechanism of action, detection and recent therapeutic strategies / E. SeyedHosseini, N. RiahiKashani, H. Nikzad et al. // Virology. – 2020. – pp. 1-9. DOI: 10.1016/j.virol.2020.08.011.
3. Новая коронавирусная инфекция: приверженность жителей города воронежа к рекомендациям Роспотребнадзора / Н. В. Габбасова, О. Л. Мазина, Л. А. Яценко и др. // Заметки ученого. 2021. – № 2. – С. 40-46.
4. Melo G. C. COVID-19 infection in pregnant women, preterm delivery, birth weight, and vertical transmission: a systematic review and meta-analysis / G. C. Melo, K. C. G. M. Araújo // Cad SaudePublica. – 2020. – 36(7): e00087320. DOI: 10.1590/0102-311x00087320.
5. Pregnancy and COVID-19: management and challenges / Y. Wenling, Q. Junchao, Z. Xiao et al. // Rev Inst Med Trop Sao Paulo. – 2020. – 62: e62. DOI: 10.1590/s1678-9946202062062.
6. Vallejo V. A Postpartum Death Due to Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) in the United States / V. Vallejo, J. G. Pagan // Obstet Gynecol. – 2020. – 136(1). – pp. 52-55. DOI: 10.1097/AOG.0000000000003950.
7. Benefits and limitations of serological assays in COVID-19 infection / Z. Sidiq, M. Hanif, K. K. Dwivedi et al. // Indian J Tuberc. – 2020. – 67(4S). – S163-166. DOI: 10.1016/j.ijtb.2020.07.034.

8. Insights to SARS-CoV-2 life cycle, pathophysiology, and rationalized treatments that target COVID-19 clinical complications / I. P. Trougakos, K. Stamatelopoulos, E. Terpos et al. // *J Biomed Sci.* – 2021. – 28(1). – pp. 9. DOI: 10.1186/s12929-020-00703-5.
 9. Heath P. T. Inclusion of pregnant women in COVID-19 vaccine development / P. T. Heath, K. Le Doare, A. Khalil // *Lancet Infect Dis.* – 2020. – 20(9). – pp. 1007-1008. Doi: 10.1016/S1473-3099(20)30638-1.
 10. Coronavirus disease 2019 (COVID-19) pandemic and pregnancy / P. Dashraath, J. L. J. Wong, M. X. K. Lim et al. // *Am J Obstet Gynecol.* – 2020. – 222(6). – pp. 521-531. DOI: 10.1016/j.ajog.2020.03.021.
 11. Всемирная медицинская ассоциация Хельсинкская декларация "этические принципы проведения медицинских исследований с участием людей в качестве субъектов исследования" // ПФ. – 2007. – №2. – [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vsemirnaya-meditsinskaya-assotsiatsiya-helsinskaya-deklaratsiya-eticheskie-principy-provedeniya-meditsinskih-issledovaniy-s> (дата обращения: 01.04.2022).
 12. McFee R. B. COVID-19: Therapeutics and interventions currently under consideration / R. B. McFee // *Dis Mon.* – 2020. – 66(9) – DOI: 10.1016/j.disamonth.2020.101058.
 13. Islam K.U. An Update on Molecular Diagnostics for COVID-19 / K. U. Islam, J. Iqbal // *Front Cell Infect Microbiol.* – 2020. DOI: 10.3389/fcimb.2020.560616.
 14. Hoang V. T. Recurrence of positive SARS-CoV-2 in patients recovered from COVID-19 / V. T. Hoang, T. L. Dao, P. Gautret // *J Med Virol.* – 2020. – 92(11). – pp. 2366-2367. DOI: 10.1002/jmv.26056.
 15. COVID-19: A Multidisciplinary Review / N. Chams, S. Chams, R. Badran et al. // *Front Public Health.* – 2020– No. 8 – pp. 383. DOI: 10.3389/fpubh.2020.00383.
 16. Characteristics of SARS-CoV-2 and COVID-19 / B. Hu, H. Guo, P. Zhou et al. // *Nat Rev Microbiol.* – 2021. – 19 (3). – pp.141-154. DOI: 10.1038/s41579-020-00459-7.
 17. Azithromycin in the treatment of COVID-19: a review / D. Echeverría-Esnal, C. Martin-Ontiyuelo, M. E. Navarrete-Rouco, et al. // *Expert Rev Anti Infect Ther.* – 2021. – 19 (2). – pp. 147-163. DOI: 10.1080/14787210.2020.1813024.
- Список литературы на английском языке / References in English**
1. COVID-19: Virology, biology and novel laboratory diagnosis / M. Mohamadian, H. Chiti, A. Shoghli et al. // *J Gene Med.* – 2021. – 23(2). – DOI: 10.1002/jgm.3303.
 2. The novel coronavirus Disease-2019 (COVID-19): Mechanism of action, detection and recent therapeutic strategies / E. SeyedHosseini, N. RiahiKashani, H. Nikzad et al. // *Virology.* – 2020. – pp. 1-9. DOI: 10.1016/j.virol.2020.08.011.
 3. Novaya koronavirusnaya infektsiya: priverzhenost zhiteley goroda voronezha k rekomendatsiyam rospotrebnadzora [New coronavirus infection: the commitment of Voronezh residents to the recommendations of Rospotrebnadzor]. / N. V. Gabbasova. O. L. Mazina. L. A. Yatsenko et al. // *Zametki uchenogo [Notes of the scientist]*. – 2021. – № 2. – pp. 40-46. [in Russian]
 4. Melo G. C. COVID-19 infection in pregnant women, preterm delivery, birth weight, and vertical transmission: a systematic review and meta-analysis / G. C. Melo, K. C. G. M. Araújo // *Cad SaudePublica.* – 2020. – 36(7): e00087320. DOI: 10.1590/0102-311x00087320.
 5. Pregnancy and COVID-19: management and challenges / Y. Wenling, Q. Junchao, Z. Xiao et al. // *Rev Inst Med Trop Sao Paulo.* – 2020. – 62: e62. DOI: 10.1590/s1678-9946202062062.
 6. Vallejo V. A Postpartum Death Due to Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) in the United States / V. Vallejo, J. G. Ilagan // *Obstet Gynecol.* – 2020. – 136(1). – pp. 52-55. DOI: 10.1097/AOG.0000000000003950.
 7. Benefits and limitations of serological assays in COVID-19 infection / Z. Sidiq, M. Hanif, K. K. Dwivedi et al. // *Indian J Tuberc.* – 2020. – 67(4S). – S163-166. DOI: 10.1016/j.ijtb.2020.07.034.
 8. Insights to SARS-CoV-2 life cycle, pathophysiology, and rationalized treatments that target COVID-19 clinical complications / I. P. Trougakos, K. Stamatelopoulos, E. Terpos et al. // *J Biomed Sci.* – 2021. – 28(1). – pp. 9. DOI: 10.1186/s12929-020-00703-5.
 9. Heath P. T. Inclusion of pregnant women in COVID-19 vaccine development / P. T. Heath, K. Le Doare, A. Khalil // *Lancet Infect Dis.* – 2020. – 20(9). – pp. 1007-1008. DOI: 10.1016/S1473-3099(20)30638-1.
 10. Coronavirus disease 2019 (COVID-19) pandemic and pregnancy / P. Dashraath, J. L. J. Wong, M. X. K. Lim et al. // *Am J Obstet Gynecol.* – 2020. – 222(6). – pp. 521-531. DOI: 10.1016/j.ajog.2020.03.021.
 11. Vsemirnaya meditsinskaya assotsiatsiya Khelsinskaya deklaratsiya "eticheskiye printsipy provedeniya meditsinskih issledovaniy s uchastiyem lyudey v kachestve subyektov issledovaniya" [World Medical Association Helsinki Declaration "Ethical principles of conducting medical research with the participation of people as subjects of research"] // ПФ. – 2007. – №2. – [Electronic resource] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vsemirnaya-meditsinskaya-assotsiatsiya-helsinskaya-deklaratsiya-eticheskie-principy-provedeniya-meditsinskih-issledovaniy-s> (accessed: 01.04.2022). [in Russian]
 12. McFee R. B. COVID-19: Therapeutics and interventions currently under consideration / R. B. McFee // *Dis Mon.* – 2020. – 66(9) – DOI: 10.1016/j.disamonth.2020.101058.
 13. Islam K.U. An Update on Molecular Diagnostics for COVID-19 / K. U. Islam, J. Iqbal // *Front Cell Infect Microbiol.* – 2020. DOI: 10.3389/fcimb.2020.560616.
 14. Hoang V. T. Recurrence of positive SARS-CoV-2 in patients recovered from COVID-19 / V. T. Hoang, T. L. Dao, P. Gautret // *J Med Virol.* – 2020. – 92(11). – pp. 2366-2367. DOI: 10.1002/jmv.26056.
 15. COVID-19: A Multidisciplinary Review / N. Chams, S. Chams, R. Badran et al. // *Front Public Health.* – 2020– No. 8 – pp. 383. DOI: 10.3389/fpubh.2020.00383.
 16. Characteristics of SARS-CoV-2 and COVID-19 / B. Hu, H. Guo, P. Zhou et al. // *Nat Rev Microbiol.* – 2021. – 19 (3). – pp.141-154. DOI: 10.1038/s41579-020-00459-7.
 17. Azithromycin in the treatment of COVID-19: a review / D. Echeverría-Esnal, C. Martin-Ontiyuelo, M. E. Navarrete-Rouco, et al. // *Expert Rev Anti Infect Ther.* – 2021. – 19 (2). – pp. 147-163. DOI: 10.1080/14787210.2020.1813024.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.118.4.078>**ГЕНДЕРНЫЕ РАЗЛИЧИЯ ПАРАМЕТРОВ БОКОВЫХ ЖЕЛУДОЧКОВ
У ДЕТЕЙ ПЕРИОДА ВТОРОГО ДЕТСТВА**

Научная статья

Байбаков С.Е.¹, Бахарева Н.С.², Юсупов Т.Р.^{3,*}, Федько В.А.⁴, Чигрин С.В.⁵, Авакимян С.Б.⁶, Мещер А.В.⁷^{1, 2, 3, 4, 5, 6} Кубанский государственный медицинский университет, Краснодар, Россия⁷ Челябинский государственный университет, Челябинск, Россия

* Корреспондирующий автор (lastaman228[at]mail.ru)

Аннотация

Целью данной работы явилось изучение половых различий параметров боковых желудочков у детей периода второго детства. Для исследования были использованы данные размеров боковых желудочков 120 детей восьмилетнего возраста (60 мальчиков и 60 девочек), а именно: 1) длины и ширины переднего рога, 2) длины и ширины центральной части, 3) длины и ширины заднего рога, 4) длины нижнего рога, 5) переднезаднего размера, 6) расстояние между передними и задними рогами. Исследования проводились посредством изучения архивных материалов МРТ диагностики. Было установлено, что средние размеры длины и ширины правого и левого переднего рога и ширины правого и левого заднего рога боковых желудочков девочек оказались больше таковых размеров у мальчиков. В ходе работы было установлено отсутствие гендерных различий и билатеральной асимметрии.

Ключевые слова: половые различия, второе детство, боковые желудочки.**GENDER DIFFERENCES IN THE PARAMETERS OF THE LATERAL VENTRICLES
IN CHILDREN AGED 8-12 YEARS**

Research article

Baybakov S.E.¹, Bakhareva N.S.², Yusupov T.R.^{3,*}, Fedko V.A.⁴, Chigrin S.V.⁵, Avakimyan S.B.⁶, Metsker A.V.⁷^{1, 2, 3, 4, 5, 6} Kuban State Medical University, Krasnodar, Russia⁷ Chelyabinsk State University, Chelyabinsk, Russia

*Corresponding author (lastaman228[at]mail.ru)

Abstract

The purpose of this study was to study the sex differences in the parameters of the lateral ventricles in children of 8-12 years of age. For the study, data on the size of the lateral ventricles of 120 eight-year-old children (60 boys and 60 girls) were used, namely: 1) the length and width of the anterior horn, 2) the length and width of the central part, 3) the length and width of the posterior horn, 4) the length of the lower horn, 5) the anterior size, 6) the distance between the anterior and posterior horns. The research was carried out by studying archival materials of MRI diagnostics. It was found that the average length and width of the right and left anterior horns and the width of the right and left posterior horns of the lateral ventricles in girls were larger than in boys. In the course of the study, the authors establish the absence of gender differences and bilateral asymmetry.

Keywords: sex differences, second childhood, lateral ventricles.**Введение**

Во время зарождения нейрорадиологии изменения формы и положения желудочков при пневмоэнцефалографии и вентрикулографии были признаками масс-эффекта или потери объема. Однако в нынешнюю эпоху кросс-секционного исследования с высоким разрешением изменения в анатомии желудочков легче обнаружить, и их клиническое значение все еще изучается. При интерпретации рентгенологи должны знать об анатомических изменениях желудочковой системы, чтобы не принимать нормальные варианты за патологию. Мы рассмотрим анатомию и размеры боковых желудочков у детей периода второго детства [1].

Асимметрия размеров между боковыми желудочками встречается у 5% -12% здоровых людей [5]. У здоровых пациентов некоторые исследования показали, что правый или левый боковой желудочек был последовательно больше другого [8], в то время как другие исследования не сообщали о существенной разнице в размере между ними [6]. Связь между асимметрией бокового желудочка, хиральностью и полом также противоречива, поскольку многочисленные исследования показывают значительную разницу в размере бокового желудочка у правой и левой у мужчин и женщин [7]. Другие исследования не показали существенных различий в этих популяциях.

Форма боковых желудочков также была широко изучена, с многочисленными исследованиями, классифицирующими различные морфологии боковых желудочков и ротационные различия [9]. Затылочный рог бокового желудочка, по-видимому, является наиболее непоследовательной частью, которая может варьироваться от полного отсутствия до наличия переменной длины. Височный рог, особенно передний кончик, также имеет переменную форму, но в меньшей степени по сравнению с затылочным рогом.

В доступной нам литературе нет ни одной, которая бы освещала информацию о половых различиях в размерах боковых желудочков 8-летних детей, что делает наше исследование актуальным.

Целью данной работы является изучение гендерных различий параметров боковых желудочков у детей периода второго детства

Методы принципы исследования

Для исследования были использованы архивные данные размеров частей боковых желудочков головного мозга 120 детей, не имеющих органического поражения головного, в возрасте 8 лет (60 мальчиков и 60 девочек), а именно:

- 1) Длина переднего рога,
- 2) Ширина переднего рога,

- 3) Длина центральной части,
- 4) Ширина центральной части,
- 5) Длина заднего рога,
- 6) Ширина заднего рога,
- 7) Длина нижнего рога,
- 8) Переднезадний размер,
- 9) Расстояние между передними рогами,
- 10) Расстояние между задними рогами.

Исследование велось посредством изучения архивных материалов отделения лучевой диагностики. Количественные показатели оценивались на предмет соответствия нормальному распределению с помощью критерия Колмогорова-Смирнова. Накопление, корректировка, систематизация исходной информации осуществлялись в электронных таблицах Microsoft Excel 2016. Статистический анализ проводился с использованием программы Statistica 10.0 (StatSoft Inc., США). Результаты считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждения

Приведенный анализ выявил достоверные различия в размерах боковых желудочков восьмилетних девочек и мальчиков (см. таблицу 1.), а именно: В длине переднего правого и левого переднего рога ($27,9 \pm 0,8$ против $25,6 \pm 0,5$ и $28,6 \pm 0,7$ против $26,1 \pm 0,5$), в ширине правого и левого переднего рога ($6,5 \pm 0,2$ против $5,4 \pm 0,3$ и $6,2 \pm 0,2$ против $4,9 \pm 0,3$) и в ширине правого и левого заднего рога ($5,4 \pm 0,2$ против $3,6 \pm 0,6$ и $5,5 \pm 0,2$ против $3,6 \pm 0,2$).

Таблица 1 –Морфометрические показатели размеров боковых желудочков возрастной группы 8 возрасте лет

№ п.п.	Исследуемые показатели		Статистические показатели размеров боковых желудочков у лиц разного пола					
			Мальчики			Девочки		
			M±m	Min	Max	M±m	Min	Max
1.	Длина переднего рога, мм	Правый	25,6±0,5	21,0	30,0	27,9±0,8*	20,0	34,0
		Левый	26,1±0,5	23,0	33,0	28,6±0,7*	22,0	36,0
2.	Ширина переднего рога, мм	Правый	5,4±0,3	2,0	8,0	6,5±0,2*	4,0	9,0
		Левый	4,9±0,3	2,0	7,0	6,2±0,2*	4,0	8,0
3.	Длина центральной части, мм	Правый	44,8±0,6	40,0	50,0	43,8±0,6	37,0	49,0
		Левый	44,2±0,7	37,0	51,0	44,0±0,7	35,0	50,0
4.	Ширина центральной части, мм	Правый	9,5±0,5	6,0	15,0	9,8±0,3	6,0	13,0
		Левый	8,7±0,4	6,0	14,0	9,5±0,4	7,0	14,0
5.	Длина заднего рога, мм	Правый	33,2±0,8	25,0	40,0	34,9±1,1	25,0	48,0
		Левый	32,8±0,8	27,0	40,0	35,3±1,0	26,0	43,0
6.	Ширина заднего рога, мм	Правый	3,6±0,6	1,0	6,0	5,4±0,2*	3,0	7,0
		Левый	3,6±0,2	2,0	27,78	5,5±0,2*	4,0	9,0
7.	Длина нижнего рога, мм	Правый	44,3±0,9	36,0	55,0	44,1±1,2	37,0	52,0
		Левый	42,1±1,0	34,0	52,0	42,9±1,1	35,0	50,0
8.	Переднезадний размер, мм	Правый	92,4±1,0	83,0	103,0	91,5±1,2	80,0	100,0
		Левый	91,7±1,0	83,0	102,0	92,7±1,5	76,7	107,0
9.	Расстояние между передними рогами, мм		31,7±0,5	26,0	37,0	33,1±0,6	28,0	39,0
10.	Расстояние между задними рогами, мм		32,0±0,6	27,0	40,0	33,7±1,2	24,0	53,0

Примечание: звездочкой, расположенной в верхней части ошибки среднеарифметического ($\pm m^*$), обозначены морфометрические показатели у девочек, достоверно отличающиеся от аналогичных параметров у мальчиков ($p < 0,05$)

Проведенный статистический анализ, выявил гендерные различия в данной возрастной группе. Размеры боковых желудочков у девочек превышают аналогичные размеры у мальчиков: длина правого и левого переднего рога – на 8,9 % и 9,5 % (соответственно), ширина правого и левого переднего рога на 20,37 % и 26,53 % (соответственно), ширина правого и левого заднего рога на 50,00 % и 52,77 % (соответственно). (см. рисунок 1).



Рис. 1 – Средние размеры боковых желудочков у мальчиков и девочек восьми лет

Примечание: звездочкой, расположенной в верхней части ошибки среднеарифметического ($\pm t^*$), обозначены морфометрические показатели у девочек, достоверно отличающиеся от аналогичных параметров у мальчиков ($p < 0,05$)

Клиническое значение различной асимметрии боковых желудочков в настоящее время спорно. На основе ассоциации морфологических аномалий желудочков из-за основного повреждения белого вещества было высказано предположение, что умеренная асимметрия желудочков может быть признаком тонкого белого вещества или глубоких аномалий серого вещества, которые не могут быть видны на изображении.

Нам известно, что не было проведено окончательного крупномасштабного исследования об изменении морфологии боковых желудочков. Поэтому общепризнано, что небольшие объемные или морфологические различия между боковыми желудочками нормального размера, вероятно, не имеют клинического значения и не влияют на долгосрочные результаты развития нервной системы в целом. Однако рентгенологи должны оценивать наличие паренхиматозных заболеваний, внутрижелудочковых поражений или обструкцию в отверстии Монро, прежде чем отвергать асимметрию желудочков как аномальный вариант.

При оценке билатеральной асимметрии у данной возрастной группы мы не обнаружили достоверных различий, что может говорить о гомогенности развития обоих желудочков

Заключение

Результатом нашего исследования является установление гендерных различий в размерах боковых желудочков у детей периода второго детства, а именно: в длине правого и левого переднего рога боковых желудочков, в ширине правого и левого переднего рога боковых желудочков и в ширине правого и левого заднего рога боковых желудочков. Установленные нами особенности строения боковых желудочков, могут быть использованы как в теории, так и на практике.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. The Lateral Ventricles: A Detailed Review of Anatomy, Development, and Anatomic Variations. / C. L. Scelsi, T. A. Rahim, J. A. Morris et al. // AJNR Am J Neuroradiol. – 2020. – Apr;41(4) – pp. 566-572. DOI: 10.3174/ajnr.A6456. Epub 2020 Feb 20. PMID: 32079598; PMCID: PMC7144651.
2. Лучевая диагностика в комплексной оценке особенностей нейропластичности у недоношенных новорожденных с экстремально низкой массой тела / Т. В. Мелашенко, А. И. Ташилкин, А. В. Поздняков и др. // Педиатр. – 2018. – Т. 9. – № 6. – С. 21–28. DOI: 10.17816/PED9621-28
3. Osborn A. G. Osborn's Brain. / A. G. Osborn, G. L. Hedlund, K. L. Salzman. // Philadelphia: Elsevier. – 2018. – pp. 1119–1125.

4. The ventricular system of the brain: anatomy and normal variations. / L. Stratchko, I. Filatova, A. Agarwal et al. // *Semin Ultrasound CT MR.* – 2016. – № 37. – pp. 72–83 DOI: 10.1053/j.sult.2016.01.004
5. Cerebral lateral ventricular asymmetry on CT: how much asymmetry is representing pathology? / Y. Kiroğlu, N. Karabulut, C. Oncel et al. // *Surg Radiol Anat.* – 2008 – 30. – pp. 249-255. DOI:10.1007/s00276-008-0314-9
6. Measurement of lateral ventricle volume of normal infant based on magnetic resonance imaging. / Lu Z, He J, Yu Y, et al. // *Chinese Neurosurg Journal.* – 2019. – № 5. – DOI: 10.1186/s41016-019-0156-9
7. Tubbs RS. Bergman's Comprehensive Encyclopedia of Human Anatomic Variation. Hoboken / RS. Tubbs, M. Shoja, M. Loukas // Wiley Blackwell. – 2016. – pp. 943-953.
8. Morphologic evolution and coordinated development of the fetal lateral ventricles in the second and third trimesters. / Li Z, Xu F, Zhang Z, et al. // *AJNR Am J Neuroradiol.* – 2019. – № 40. – pp. 718-725. DOI: 10.3174/ajnr.A6013
9. Половые различия размеров боковых желудочков у новорожденных / С. Е. Байбаков, Н. С. Бахарева, В. А. Федько и др. // *Forcipe.* – 2021. – Т. 4. – № 2. – С. 46-49.
10. Байбаков, С. Е. Половые различия регуляции линейных размеров боковых желудочков мозга у юношей и девушек / С. Е. Байбаков, Л. В. Горбов // *Морфология.* – 2016. – Т. 149. – № 3. – С. 26.

Список литературы на английском языке / References in English

1. The Lateral Ventricles: A Detailed Review of Anatomy, Development, and Anatomic Variations. / C. L. Scelsi, T. A. Rahim, J. A. Morris et al. // *AJNR Am J Neuroradiol.* – 2020. – Apr;41(4) – pp. 566-572. DOI: 10.3174/ajnr.A6456. Epub 2020 Feb 20. PMID: 32079598; PMCID: PMC7144651.
2. Luchevaya diagnostika v kompleksnoi otsenke osobennostei neiroplastichnosti u nedonoshennykh novorozhdennykh s ekstremal'no nizkoi massoi tela [Radiologic diagnostics in complex estimation of the features of neuroplasticity in preterm newborns with extremely low birth weight] / T. V. Melashenko, A. I. Tashilkin, A. V. Pozdnyakov et al. // *Pediatr [Pediatrician (St. Petersburg)]* 2018;9(6). P.21-28. doi: 10.17816/PED9621-28. [in Russian]
3. Osborn A. G. Osborn's Brain. / A. G. Osborn, G. L. Hedlund, K. L. Salzman. // Philadelphia: Elsevier. – 2018. – pp. 1119–1125.
4. The ventricular system of the brain: anatomy and normal variations. / L. Stratchko, I. Filatova, A. Agarwal et al. // *Semin Ultrasound CT MR.* – 2016. – № 37. – pp. 72–83 DOI: 10.1053/j.sult.2016.01.004
5. Cerebral lateral ventricular asymmetry on CT: how much asymmetry is representing pathology? / Y. Kiroğlu, N. Karabulut, C. Oncel et al. // *Surg Radiol Anat.* – 2008 – 30. – pp. 249-255. DOI:10.1007/s00276-008-0314-9
6. Measurement of lateral ventricle volume of normal infant based on magnetic resonance imaging. / Lu Z, He J, Yu Y, et al. // *Chinese Neurosurg Journal.* – 2019. – № 5. – DOI: 10.1186/s41016-019-0156-9
7. Tubbs RS. Bergman's Comprehensive Encyclopedia of Human Anatomic Variation. Hoboken / RS. Tubbs, M. Shoja, M. Loukas // Wiley Blackwell. – 2016. – pp. 943-953.
8. Morphologic evolution and coordinated development of the fetal lateral ventricles in the second and third trimesters. / Li Z, Xu F, Zhang Z, et al. // *AJNR Am J Neuroradiol.* – 2019. – № 40. – pp. 718-725. DOI: 10.3174/ajnr.A6013
9. Polovyye razlichiya razmerov bokovykh zheludochkov u novorozhdennykh [Sex differences in the size of the lateral ventricles in newborns] / S. E. Baybakov, N. S. Bakhareva, V. A. Fed'ko et al. // *Forcipe.* – 2021. – Vol. 4. – № 2. – P. 46-49. [in Russian]
10. Baybakov, S. E. Polovyye razlichiya regulyatsii lineynykh razmerov bokovykh zheludochkov mozga u yunoshey i devushek [Gender differences in the regulation of the linear dimensions of the lateral ventricles of the brain in boys and girls] / S. E. Baibakov, L. V. Gorbov // *Morfologiya [Morphology].* – 2016. – Vol. 149. – № 3. – P. 26. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.118.4.079>**ТРУДНОСТИ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ СТЕРЕОТИПИЙ У ДЕТЕЙ.
КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ**

Научная статья

**Балакирева Е.А.^{1,*}, Калмыкова Г.В.², Матвиенко Е.В.³, Сарычева М.В.⁴, Лавров А.В.⁵,
Глушченко П.А.⁶, Семькина А.М.⁷**¹ ORCID: 0000-0002-3919-7045;² ORCID: 0000-0002-2549-2246;³ ORCID: 0000-0002-0609-688X;⁴ ORCID: 0000-0002-3618-5284;⁵ ORCID: 0000-0002-7725-0636;⁶ ORCID: 0000-0002-1935-6627;⁷ ORCID: 0000-0002-3057-6153;^{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7} Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород, Россия;⁵ ОО «Альтернатива, Белгород, Россия

* Корреспондирующий автор (balakireva26[at]mail.ru)

Аннотация

Стереотипии – повторяющиеся нефункциональные формы поведения и деятельности, часто возникающие в детском возрасте из-за особенности развития ребенка или являющиеся патологическим симптомом какого-либо поражения. Данное состояние достаточно трудно дифференцировать от других заболеваний. Некоторые стереотипные движения являются проявлениями болезни Гризеля. Болезнь Гризеля – это спондилоартрит верхнешейного отдела, которое возникает на фоне каких-либо воспалительных процессов в зеве или носоглотке и никак не связано с травмой и заболеванием костей. В статье представлена литературная справка, посвящённая вопросам диагностики и лечения стереотипий у детей, и клиническое наблюдение, демонстрирующее долгий диагностический поиск у пациента со стереотипными движениями, приведший к противовоспалительной терапии болезни Гризеля.

Ключевые слова: стереотипии, дифференциальная диагностика, дети, болезнь Гризеля.**DIFFICULTIES OF DIFFERENTIAL DIAGNOSIS OF STEREOTYPY IN CHILDREN.
A CLINICAL CASE STUDY**

Research article

**Balakireva E.A.^{1,*}, Kalmykova G.V.², Matvienko E.V.³, Sarycheva M.V.⁴, Lavrov A.V.⁵,
Glushchenko P.A.⁶, Semykina A.M.⁷**¹ ORCID: 0000-0002-3919-7045;² ORCID: 0000-0002-2549-2246;³ ORCID: 0000-0002-0609-688X;⁴ ORCID: 0000-0002-3618-5284;⁵ ORCID: 0000-0002-7725-0636;⁶ ORCID: 0000-0002-1935-6627;⁷ ORCID: 0000-0002-3057-6153;^{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7} Belgorod State University, Belgorod, Russia;⁵ OO "Alternativa", Belgorod, Russia

* Corresponding author (balakireva26[at]mail.ru)

Abstract

Stereotypies are repetitive non-functional forms of behavior and activity that often occur in childhood due to specific features of a child's development or are a pathological symptom of a lesion. This condition is quite difficult to differentiate from other diseases. Some stereotypical movements are manifestations of Grisel's syndrome. Grisel's syndrome is spondyloarthritis of the upper neck, which occurs against the background of any inflammatory processes in the pharynx or nasopharynx and is in no way related to trauma and bone disease. The article presents a literary reference devoted to the diagnosis and treatment of stereotypies in children, and a clinical observation demonstrating a long diagnostic search in a patient with stereotypical movements, which led to anti-inflammatory therapy of Grisel's syndrome.

Keywords: stereotypy, differential diagnosis, children, Grisel's syndrome.

Стереотипии – повторяющиеся нефункциональные формы поведения и деятельности, которые могут быть как особенностями развития и поведения детей, так и патологическим симптомом какого-либо поражения нервной системы. Существуют моторные, речевые, сенсорные, предметные и поведенческие стереотипии [1].

Наиболее частыми стереотипными движениями в практике детского невролога являются тики (F95), которые представляют собой фрагменты расторможенных нормальных моторных и вокальных поведенческих актов, усиливающихся эмоциональными и соматосенсорными стимулами. Тики относятся к числу наиболее распространенных форм гиперкинезов среди детей, носят стереотипный характер, напоминают произвольные движения или звуки в результате сокращения различных мышц, подвержены волевому контролю, и могут быть воспроизведены больным с зеркальной точностью [2]. Тики появляются в основном у детей в возрасте от 2 до 7 лет. Выраженность тиков обычно достигает максимума в препубертатном возрасте 7-11 лет, когда они наиболее многообразны и динамичны [7]. Существуют две основные теории возникновения тиков – генетическая детерминированность и нейрогенный стресс на

фоне резидуально-органического поражения различных структур экстрапирамидной системы. В основе патогенеза тиковых расстройств лежит дисрегуляция кортико-стриато-паллидо-таламо-фронтальных нейронных сетей и модулирующих их активность восходящих моноаминергических систем, а также задержка созревания префронтальной коры. Внешнее сходство с тиками имеют многочисленные неврологические нарушения, такие как пароксизмальная дискинезии и дистонии (G24), различные виды миоклоний (G25), эпилепсия (G40), лицевой гемиспазм (G51), что требует тщательной дифференциальной диагностики [3].

Социальная значимость тиков определяется не только собственно гиперкинезами, но и коморбидными когнитивными и поведенческими нарушениями: расстройствами психологического поведения с гиперкинетическим синдромом, в том числе синдромом дефицита внимания с гиперактивностью (СДВГ) (F84), расстройствами аутистического спектра (РАС) (F84), тревожными расстройствами (F41), обсессивно-компульсивными расстройствами (F42), гиперкинетическими синдромами (F90), в изолированном виде или в структуре различных врожденных и приобретенных заболеваний [8].

Кроме того, стереотипные двигательные акты характерны для ряда воспалительных заболеваний, с которыми надо проводить дифференциальный диагноз: хореей, ядерной желтухой, менингитом, энцефалитом, новообразованиями ЦНС. Ятрогенными являются стереотипии, вызванные передозировкой или индивидуальной реакцией на некоторые медикаментозные препараты: нейролептики, противорвотные, противотуберкулезные средства.

Чрезвычайно разнообразные двигательные паттерны характерны для различных форм эпилепсии. Только 27,6% эпилепсий сопровождаются классическими описанными в литературе генерализованными тонико-клоническими приступами. Остальные 72,4% это не генерализованные пароксизмальные состояния, которые могут иметь сходство с любыми другими не эпилептическими, двигательными, психическими, чувствительными, соннологическими, вегетативными стереотипными реакциями, что и делает их диагностику чрезвычайно затруднительной. Приступы могут носить серийный характер, могут протекать без нарушения сознания и сопровождаться различными автоматизмами [4].

Таким образом трудности дифференциальной диагностики стереотипных движений заключается в:

1) Схожести различных по этиологии стереотипий и сопровождающих их симптомов. Например: клинически далеко не всегда возможно отличить фокальные эпилептические приступы от других видов стереотипий.

2) Отсутствию достоверных методов лабораторного и функционального исследования с помощью которых можно подтвердить этиологию стереотипий. Например: нейроревматизм, сопровождаемый классическими проявлениями в виде хореи, далеко не всегда имеет лабораторное подтверждение в виде воспалительных изменений в клиническом и биохимическом анализе крови, присущих острой ревматической лихорадке.

3) Наличии двигательных паттернов, сопровождающих некоторые пароксизмальные состояния. Например: жевательные, мимические, двигательные и другие автоматизмы сопровождают эпилептические приступы с фокальным началом и кратковременным нарушением сознания.

Актуальность выбранного случая обусловлена описанным выше многообразием стереотипий у детей, трудностью дифференциальной диагностики и, соответственно, сложностями выбора методов лечения.

Клинический случай

Мальчик М., 7 лет, обратился к педиатру по месту жительства в связи с появлением стереотипных навязчивых движений головой, шей и плечами, клинически напоминающими тиковый гиперкинез. Данная симптоматика появилась после перенесенного ОРВИ с повышением температуры тела, насморком, увеличением лимфатических узлов, их болезненностью, кашлем и болью в горле. Педиатр диагностировал синдром навязчивых движений, назначил лабораторное исследование крови и направил к неврологу. Исходя из клинической картины (стереотипные движения головы, шеи и плеч) и выявленных данных анамнеза (навязчивые движения носом в возрасте 5 лет), а также отсутствия признаков перманентного органического поражения нервной системы, невролог №1 поставил диагноз: острое тиковое расстройство и назначил глицин. В связи с неэффективностью терапии мать обратилась к неврологу №2. Диагноз поставлен тот же, назначенный курс терапии включал фенибут и пантогам в возрастных дозировках.

Так как на фоне проводимого 2-недельного курса симптоматика у ребенка не уменьшалась, мать самостоятельно обратилась к неврологу №3.

При осмотре:

- Перманентной неврологической симптоматики не выявлено.
- Отмечается замкнутость ребенка, стеснительность и односложность ответов, визуальный контакт с матерью перед ответом на каждый вопрос.
- Имеет место болезненность при пальпации шейного отдела позвоночника на уровне C4-C5
- Выявлены признаки дисплазии соединительной ткани (ДСТ): выраженная гипермобильность суставов, повышенная растяжимость кожи, плосковальгусная установка стоп, нарушение осанки по типу гиперкифоза и сколиоза грудного отдела позвоночника.

При проведении теста на сдерживание тиков (временное сдерживание стереотипных движений, после осуществления которого возникает избыточная двигательная активность) у пациента не возникло характерной двигательной бури, одно лишь навязчивое движение плечами, по типу втягивания головы в плечи.

Учитывая присоединившиеся данные, пациенту рекомендована консультация психолога, рентгенография шейного отдела позвоночника в 3 проекциях.

Психологом было проведено нейропсихологическое исследование по стандартным методикам, использовались тесты на проверку интеллекта, исследование произвольного внимания, особенностей и искажений мышления, мнестической и эмоциональной сфер, в ходе которых отмечались навязчивые движения при волнении и напряжении. Выявлен высокий уровень тревожности – индуцируемая матерью тревога. В лабораторном исследовании крови выявлены: относительный эозинофильный лейкоцитоз, моноцитоз, умеренная гипергликемия, повышение IgE, выявлен бытовой аллерген плесени.

Аллергологом рекомендованы гипоаллергенный режим и питание.

ЛОР-врач диагностировал острый назофарингит, аденоидит, аллергический ринит и гипертрофию левой миндалины 2 степени. Рекомендовано: промывание левой миндалины с диоксидином №5-7, Циннабсин, Аквалор-сорф, Назонекс.

Рентгенография шейного отдела позвоночника в 3-х проекциях, функциональное исследование представлены на рисунке 1.

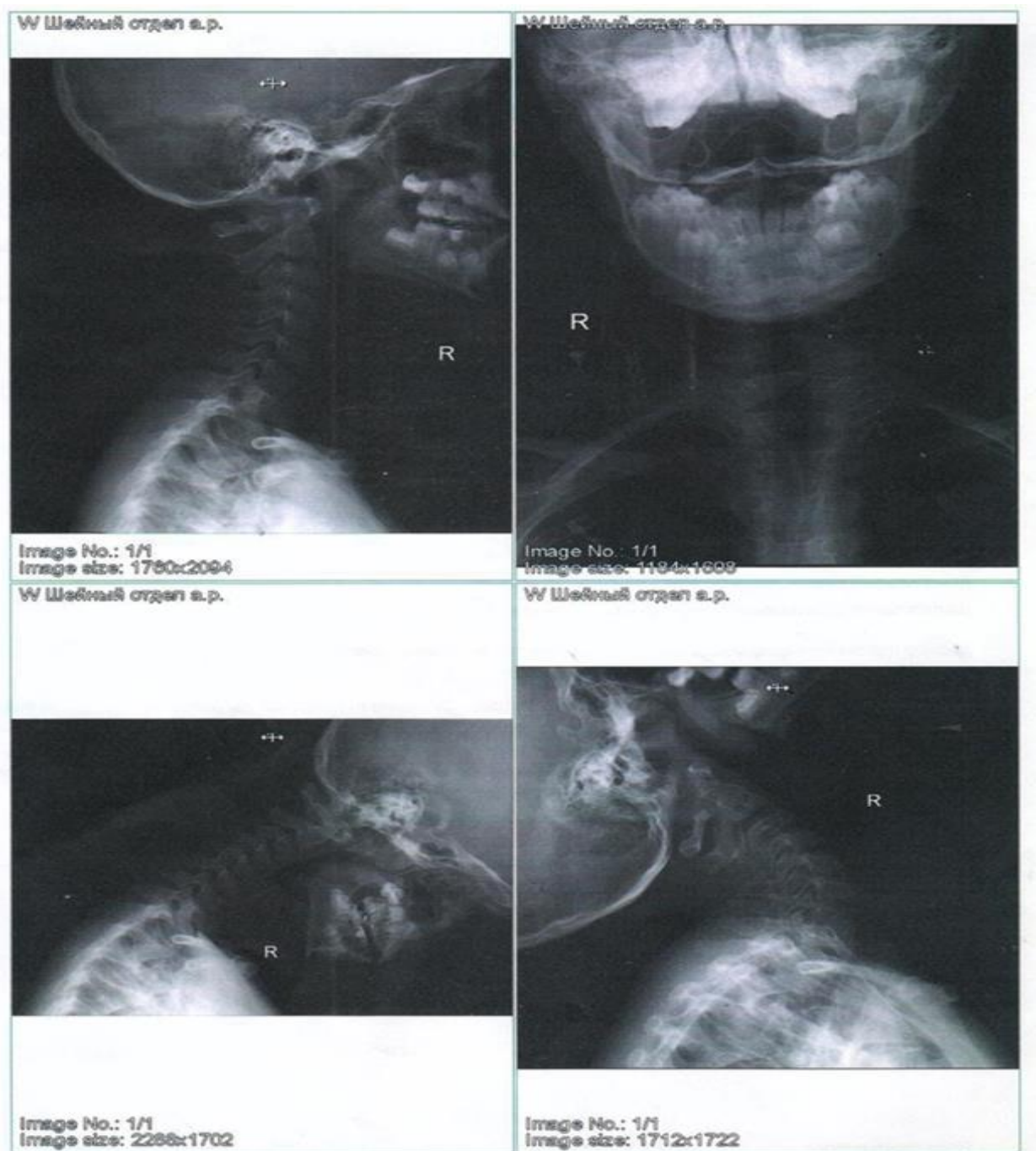


Рис. 1 – Рентгенограмма шейного отдела позвоночника, пациента М, 7 лет, функциональное исследование

Как видно на рисунке, у ребенка выявлены R-признаки спондилоартрита позвонков шейного отдела, неполный вариант Киммерли, что часто сопровождается дисплазией соединительной ткани.

По совокупности данных клинического, инструментального и лабораторного обследований консилиум в составе невролога, ортопеда и оториноларинголога установил болезнь Гризеля. Рекомендовано: воротник Шанца, медикаментозная терапия (нестероидные противовоспалительные, антибактериальные препараты).

На фоне временной иммобилизации и проведения противовоспалительной, антибактериальной и иммуномодулирующей терапии достигнуто выздоровление с полным купированием гиперкинетического синдрома - исчезновением стереотипий.

Литературная справка

Синдромом Гризеля (Кривошея Гризеля) - нетравматическая атлanto-аксиальная ротарная фиксация.

Возникает преимущественно вследствие подвывиха первого шейного позвонка, являющегося результатом течения воспалительного процесса в зеве или носоглотке [5], [9]. При этом воспалительный процесс распространяется на

заглочные лимфатические узлы, а затем на околопозвоночные мышцы, которые прикреплены к черепу и первому шейному позвонку. Эти мышцы участвуют в движении вокруг зубовидного отростка второго шейного позвонка. В результате околопозвоночные мышцы укорачиваются и возникает подвывих первого шейного позвонка и кривошея [10], [11].

Синдром Гризеля часто встречается у детей, преимущественно у девочек, что не исключает возможность заболевания у мальчиков.

Предрасполагающими факторами являются:

1. Инфекции верхних дыхательных путей (фарингит, адено tonsиллит, абсцесс миндалин и др.)
2. Инфекции в области головы и шеи (лимфаденит и др.)
3. Осложнения после проведенного оперативного вмешательства в ЛОР-органах (аденоидэктомия, иссечение опухолей шеи и др.) [12].

Высокое преобладание случаев у детей, вероятно, связано с сочетанием различных элементов: большой связочной дряблостью шейного отдела, гипермобильностью шейных позвонков, слабостью шейных мышц, незрелым костеобразованием и т.д., а также более высокой частотой инфекций верхних дыхательных путей [13], [14].

Классификация:

- Тип 1: ротация осевого позвонка по оси зубовидного отростка без передней его дислокации
- Тип 2: ротация осевого позвонка относительно одного из дугоотростчатых суставов с передней дислокацией в пределах 3-5 мм
- Тип 3: ротация осевого позвонка с передней его дислокацией >5 мм
- Тип 4: ротация осевого позвонка с задней дислокацией [6].

Синдром проявляется повышением температуры, явлением токсикоза и кривошеи. Часто сопровождается болезненностью при наклоне головы вперед.

Диагностика включает:

- сбор анамнеза (перенесенные инфекционные заболевания, наличие воспалительных изменений в периферической крови, операции на ЛОР-органах)
- осмотр пациента
- рентгенологическое обследование шейного отдела
- консультацию ЛОР-врача и врача-ортопеда

Лечение направлено на ликвидацию воспалительного очага с применением антибиотиков и противовоспалительных средств. Наиболее распространенным методом в острых случаях является применение шейного воротника для комфорта и отдыха с применением анальгетиков. В хронических случаях возможно использование специального гало-жилета, либо альтернативного варианта в зависимости от наличия подвывиха [15], [16]. Таким образом синдром Гризеля может иметь катастрофические последствия, а ранняя диагностика и вмешательство помогают уменьшить плохие результаты. Врачи общей практики и педиатры являются первыми клиницистами, которые осматривают детей с инфекциями верхних дыхательных путей.

При правильном и своевременном лечении у всех больных наступает выздоровление. Поздняя диагностика (более чем через месяц после первых симптомов) и нерациональное лечение может привести к постоянной и болезненной деформации шеи, что может потребовать хирургического вмешательства.

Заключение

Совокупность анамнестических, клиничко-инструментальных данных позволили в клиническом случае провести дифференциальную диагностику острого тикозного расстройства, поведенческих стереотипий и болезни Гризеля, развившуюся после ОРВИ, острого назофарингита, на фоне хронической инфекции верхних дыхательных путей.

Длительность диагностического процесса осложнилась наличием у ребенка признаков ДСТ и психологическими особенностями поведения, предрасполагающими к тем же симптомам, но относящимся к другим нозологическим классам.

Таким образом, данный клинический случай демонстрирует трудности диагностики стереотипных движений у ребенка 7 лет. Скорость постановки окончательного диагноза во многом зависит от того, к какому врачу впервые обратится пациент, и насколько узкий специалист знаком со смежными состояниями, с которыми нужно проводить дифференциальную диагностику его специфических нозологических форм.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Ньюкиктьен Ч. Детская поведенческая неврология. / Ч. Ньюкиктьен. – М.: Теревинф 2010. – Т. 2. – 336 с.
2. Зыков В. П. Синдром Туретта у детей и подростков. / В. П. Зыков, Е. Б. Новикова, Э. А. Каширина // Материалы III Национального конгресса по болезни Паркинсона и расстройствам движений (с международным участием). – М.: 2014. – с. 279 – 283.
3. Буторина Н. Е. Затяжные системные расстройства в детском возрасте / Н. Е. Буторина, К. Ю. Ретюнский. – Екатеринбург: Издательство «Экспресс-Дизайн», 2005. – С.30-31.
4. Гузева В. И. Федеральное руководство по детской неврологии. / В. И. Гузева. – М. 2016. – С. 155-168.
5. Синдром Гризеля / Г. Е. Шейко, А. Н. Белова, М. В. Растеряева и др. // Неврологический журнал. – 2019. – №2. – С. 33-39.
6. Милевски И. Лучевая диагностика синдрома Гризеля / И. Милевски. – 2019. – №1. [Электронный ресурс]. URL: https://meduniver.com/Medical/luchevaia_diagnostika/diagnostika_sindroma_grizelia.html (дата обращения: 22.03.2021).

7. Kuperman S. MD. Tic Disorders in the Adolescent. Eur J Neurol 2007;14 (Suppl 1). /S. MD. Kuperman // Abstracts of the 11th Congress of the European Federation of Neurological Societies. Brussels, Belgium:66.) – 2007.
8. Tourette Syndrome in Children: an Updated Review / J.C. Du, T.F. Chiu, K.M. Lee et al. // *Pediatr. Neonatol.* – 2010. – Vol. 51, No 5. – P. 255-264.
9. Bell C. The nervous system of the human body: embracing the papers delivered to the royal society on the subject of the nerves. London: longman, rees, orme, brown, and green / Bell C. – 2020. – [Electronic resource]. URL: http://archive.org/details/nervoussystemofh00bell_0 (accessed: 22.03.2021).
10. Barcelos A. C. E. S. Nontraumatic atlantoaxial rotatory subluxation: Grisel syndrome. Case report and literature review. / A. C. E. S. Barcelos, G. C. Patriota, A. U. Netto. // *Global Spine J.* – 2014. – P. 179-186. – DOI: 10.1055/s-0033-1363936.
11. Ombregt L. Applied anatomy of the cervical spine. In: / Ombregt L. // *A System of Orthopaedic Medicine*. 3rd ed. – London: Churchill-Livingstone publishing, 2013. – 844 p.
12. Iaccarino C. Grisel's syndrome: non-traumatic atlantoaxial rotatory subluxation-report of five cases and review of the literature / C. Iaccarino, O. Francesca, S. Piero et al. // *Acta Neurochirurgica Supplement.* – 2019. – vol. 125. – pp. 279-288.
13. Akbay A. Closed manual reduction maneuver of atlantoaxial rotatory dislocation in pediatric age / A. Akbay, B. Bilginer, N. Akalan // *Child's Nervous System.* – 2014. – vol. 30, no. 6. – pp. 1083-1089.
14. Anania P. Grisel syndrome in pediatric age: a single-center Italian experience and review of the literature / P. Anania, P. Pavone, M. Pacetti et al. // *World Neurosurgery.* – 2019. – vol. 125. – pp. 374-382.
15. Neal K. M. Atlantoaxial rotatory subluxation in children. / K. M. Neal, A. S. Mohamed // *J Am Acad Orthop Surg* – 2015– № 23. – pp. 382–392.
16. Comprehensive treatment algorithm for atlanto-axial rotatory fixation (AARF) in children / D. Mahr, V. Freigang, H. Bhayana et al. // *European Journal of Trauma and Emergency Surgery.* – 2019. – vol. 19. – DOI: 10.1007/s00068-019-01096-3

Список литературы на английском языке / References in English

1. Nyokikhtien Ch. Detskaya povedencheskaya nevrologiya [Children's behavioral neurology]. / Ch. Nyokikhtien. – М.: Terevinf, 2010. – Vol. 2. – 336 p. [in Russian]
2. Zykov V.P. Sindrom Turetta u detey i podrostkov [Tourette syndrome in children and adolescents]. / V. P. Zyko, E. B. Novikova, E. A. Kashirina // *Materialy III Natsionalnogo kongressa po bolezni Parkinsona i rasstroystvam dvizheniy (s mezhdunarodnym uchastiyem)* [Materials of the III National Congress on Parkinson's Disease and Movement Disorders (with international participation)]. – М.: 2014. – pp. 279-283. [in Russian]
3. Butorina N. E. Zatyazhnyye sistemnyye rasstroystva v detskom vozraste [Protracted systemic disorders in childhood] / N. E. Butorina, K. Y. Retyunskiy. – Yekaterinburg: Publishing House "Express-Design", 2005. – pp. 30-31. [in Russian]
4. Guzeva V. I. Federalnoye rukovodstvo po detskoj Nevrologii [Federal Guide to Pediatric Neurology]. / V. I. Guzeva. – М. 2016. – pp. 155-168. [in Russian]
5. Sindrom Grizelya [Grisel syndrome]. / G. E. Sheyko. A. N. Belova. M. V. Rasteryayeva et al. // *Nevrologicheskiy zhurnal [Neurological Journal]*. – 2019. – No 2. – pp. 33-39. [in Russian]
6. Milevski I. Luchevaya diagnostika sindroma Grizelya [Radiation diagnosis of Grisel syndrome]. / I. Milevski. – 2019. – №1. – [Electronic resource] URL: <https://meduniver.com/Medical/luchevaia1> (accessed: 03/22/2021). [in Russian]
7. Kuperman S. MD. Tic Disorders in the Adolescent. Eur J Neurol 2007;14 (Suppl 1). / S. MD. Kuperman // Abstracts of the 11th Congress of the European Federation of Neurological Societies. Brussels, Belgium:66.) – 2007.
8. Tourette Syndrome in Children: an Updated Review / J.C. Du, T.F. Chiu, K.M. Lee et al. // *Pediatr. Neonatol.* – 2010. – Vol. 51, No 5. – P. 255-264.
9. Bell C. The nervous system of the human body: embracing the papers delivered to the royal society on the subject of the nerves. London: longman, rees, orme, brown, and green / Bell C. – 2020. – [Electronic resource] URL: http://archive.org/details/nervoussystemofh00bell_0 (Date of application: 22.03.2021).
10. Barcelos A. C. E. S. Nontraumatic atlantoaxial rotatory subluxation: Grisel syndrome. Case report and literature review. / A. C. E. S. Barcelos, G. C. Patriota, A. U. Netto. // *Global Spine J.* – 2014. – P. 179-186. – DOI: 10.1055/s-0033-1363936.
11. Ombregt L. Applied anatomy of the cervical spine. In: / Ombregt L. // *A System of Orthopaedic Medicine*. 3rd ed. – London: Churchill-Livingstone publishing, 2013. – 844 p.
12. Iaccarino C. Grisel's syndrome: non-traumatic atlantoaxial rotatory subluxation-report of five cases and review of the literature / C. Iaccarino, O. Francesca, S. Piero et al. // *Acta Neurochirurgica Supplement.* – 2019. – vol. 125. – pp. 279-288.
13. Akbay A. Closed manual reduction maneuver of atlantoaxial rotatory dislocation in pediatric age / A. Akbay, B. Bilginer, N. Akalan // *Child's Nervous System.* – 2014. – vol. 30, no. 6. – pp. 1083-1089.
14. Anania P. Grisel syndrome in pediatric age: a single-center Italian experience and review of the literature / P. Anania, P. Pavone, M. Pacetti et al. // *World Neurosurgery.* – 2019. – vol. 125. – pp. 374-382.
15. Neal K. M. Atlantoaxial rotatory subluxation in children. / K. M. Neal, A. S. Mohamed // *J Am Acad Orthop Surg* – 2015– № 23. – pp. 382–392.
16. Comprehensive treatment algorithm for atlanto-axial rotatory fixation (AARF) in children / D. Mahr, V. Freigang, H. Bhayana et al. // *European Journal of Trauma and Emergency Surgery.* – 2019. – vol. 19. – DOI: 10.1007/s00068-019-01096-3

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.118.4.080>ИЗУЧЕНИЕ НЕЙРОГЕННЫХ АРИТМИЙ СЕРДЦА ПРИ ФОКАЛЬНОЙ ЭПИЛЕПСИИ
У КРЫС В ЭКСПЕРИМЕНТЕ

Научная статья

Вечканова Н.А.^{1,*}, Мельникова Н.А.², Белова О.А.³, Прокофьев Д.А.⁴, Сорокина О.А.⁵, Алиев А.Г.⁶,
Новикова А.И.⁷, Гройсман П.С.⁸, Чалдаева А.Н.⁹, Евинова М.В.¹⁰, Горохова М.А.¹¹¹⁻¹¹ Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва, Саранск, Россия

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

Аннотация

Одновременное наблюдение как за электрической активностью нейронов головного мозга, так и за электрической активностью сердца позволило установить временную корреляцию между частотой спонтанных импульсов нейронов и электрической активностью сердца. Эксперименты выполнены на 30 беспородных крысах обоего пола с массой тела 280-405г. Регрессионный анализ временных корреляций между эпилептической активностью и аритмиями показал, что ЭЭГ-паттерны и пароксизмальная активность имеют линейную корреляцию во время межприступной и иктальной активности. Начиная с момента начала эксперимента и до 120 минуты наблюдалась параллельная тенденция переменной пароксизмальной электроэнцефалографической активности и аритмической активности ($r = 0,856$ и $r = 0,642$, соответственно), что свидетельствовало о нарастании аритмической активности, прямо пропорциональной эпилептической активности.

Ключевые слова: фокальная эпилепсия, аритмии, ЭЭГ, ЭКГ.A STUDY OF NEUROGENIC CARDIAC ARRHYTHMIAS IN FOCAL EPILEPSY IN RATS IN AN EXPERIMENT
Research articleVechkanova N.A.^{1,*}, Melnikova N.A.², Belova O.A.³, Prokofyev D.A.⁴, Sorokina O.A.⁵, Aliev A.G.⁶,
Novikova A.I.⁷, Groysman P.S.⁸, Chaldaeva A.N.⁹, Evinova M.V.¹⁰, Gorokhova M.A.¹¹^{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11} N.P. Ogarev National Research Mordovian State University, Saransk, Russia

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

Abstract

Simultaneous observation of both the electrical activity of brain neurons and the electrical activity of the heart made it possible to establish a temporal correlation between the frequency of spontaneous impulses of neurons and the electrical activity of the heart. The experiments were performed on 30 outbred rats of both sexes with a body weight of 280-405g. A regression analysis of temporal correlations between epileptic activity and arrhythmias showed that EEG patterns and paroxysmal activity have a linear correlation during interictal and ictal activity. Starting from the beginning of the experiment and up to 120 minutes, there was a parallel trend of variable paroxysmal electroencephalographic activity and arrhythmic activity ($r = 0.856$ and $r = 0.642$, respectively), which indicated an increase in arrhythmic activity directly proportional to epileptic activity.

Keywords: focal epilepsy, arrhythmias, EEG, ECG.

Актуальность

По данным статистики около 70 млн. человек во всем мире страдают эпилепсией. По приблизительной оценке, экспертов ВОЗ, у 65-70% людей с подтвержденным диагнозом - эпилепсия, приступы могут не проявляться клинически, лишь при условии своевременной и доступной диагностики и полноценного лечения, тем не менее, почти у 1 000 000 пациентов эпилептические приступы сохраняются на протяжении всей жизни [1], [2]. Достоверно известно, что распространенность сердечно-сосудистых заболеваний статистически значимо в 2,5 раза выше у пациентов с эпилепсией, в сравнении с общей популяцией.

Нарушения ритма у больных эпилепсией имеют нейрогенное происхождение [3]. Они способны вызвать серьезные гемодинамические изменения, в свою очередь нарушения сердечного ритма могут трансформироваться в жизнеугрожающие аритмии, и привести к внезапной сердечной смерти. Внезапная сердечная смерть наступает у 6-30% больных эпилепсией. Достоверно известно, что внезапная сердечная смерть у больных эпилепсией часто происходит во сне. Поскольку сон является мощным активатором пароксизмальной электроэнцефалографической активности у больных эпилепсией, эта активация в сочетании с неадекватным уровнем противосудорожных и антиаритмических препаратов в крови может привести к смерти. Аритмии, возникшие на фоне эпилептиформных разрядов в головном мозге, могут представлять собой триггерный фактор, который инициирует фатальные события. Анализ типов аритмий, возникающих у больных эпилепсией, безусловно представляет терапевтическую ценность, чем и обусловлена актуальность данной статьи.

Материалы и методы исследования

Эксперименты выполнены на 30 беспородных крысах обоего пола с массой тела 280-405г. Все манипуляции с животными проводились в соответствии с Руководством по содержанию и использованию лабораторных животных [4]. Животным проводилось анестезиологическое пособие, включающее интраперитонеальное введение препаратов: «Золетил 100» и «Ксилазин» по стандартной методике [5]. Производилась респираторная поддержка. Температуру тела постоянно контролировали и поддерживали на уровне $36,8 \pm 1,5^\circ\text{C}$ с помощью грелки. Наркотизированных животных фиксировали в стереотаксической установке, выполняли краниотомию для обнажения полушарий головного мозга, эпилептогенный очаг создавался аппликацией порошка металлического кобальта на поверхность сенсомоторной области коры левого полушария мозга крыс по стандартной методике. Преимуществом данной экспериментальной

модели фокальной эпилепсии, является то, что она позволяет вызывать воспроизводимые нарушения ритма сердца. На аппаратном комплексе «ВЮРАС» регистрировалось АД, ЧСС, ЭКГ, ЭЭГ, проводилось измерение температуры, а также измерение парциального давления кислорода (PO_2), углекислого газа (PCO_2), pH в соответствии со стандартными методиками [6]. В ходе эксперименты оценивалась активность эпилептогенных очагов. Для статистической обработки данных, полученных в ходе эксперимента, использовался пакет программ «Statistica 6.0» с применением метода корреляционно-регрессионного анализа. Данные принимались за статистически значимые при $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение

Наркотизированным животным проводилась респираторная поддержка, PCO_2 и PO_2 ($M \pm m$) составили: $39,3 \pm 2,76$ мм.рт.ст и $112 \pm 8,87$ мм.рт.ст, соответственно, pH $7,43 \pm 0,03$. Одновременное наблюдение как за электрической активностью нейронов головного мозга, так и за электрической активностью сердца позволило установить временную корреляцию между частотой спонтанных импульсов нейронов и электрической активностью сердца. Через 35 минут после аппликации порошка металлического кобальта на поверхность сенсомоторной области коры левого полушария зафиксирована межприступная эпилептиформная активность, характеризующаяся одиночными всплесками (каждая длительностью 80—120 миллисекунд). Нарушения ритма и проводимости, прежде всего характеризовались эпизодами брадиаритмии с коротким латентным периодом (каждый продолжительностью 0,5–2 секунд) (рис. 1).

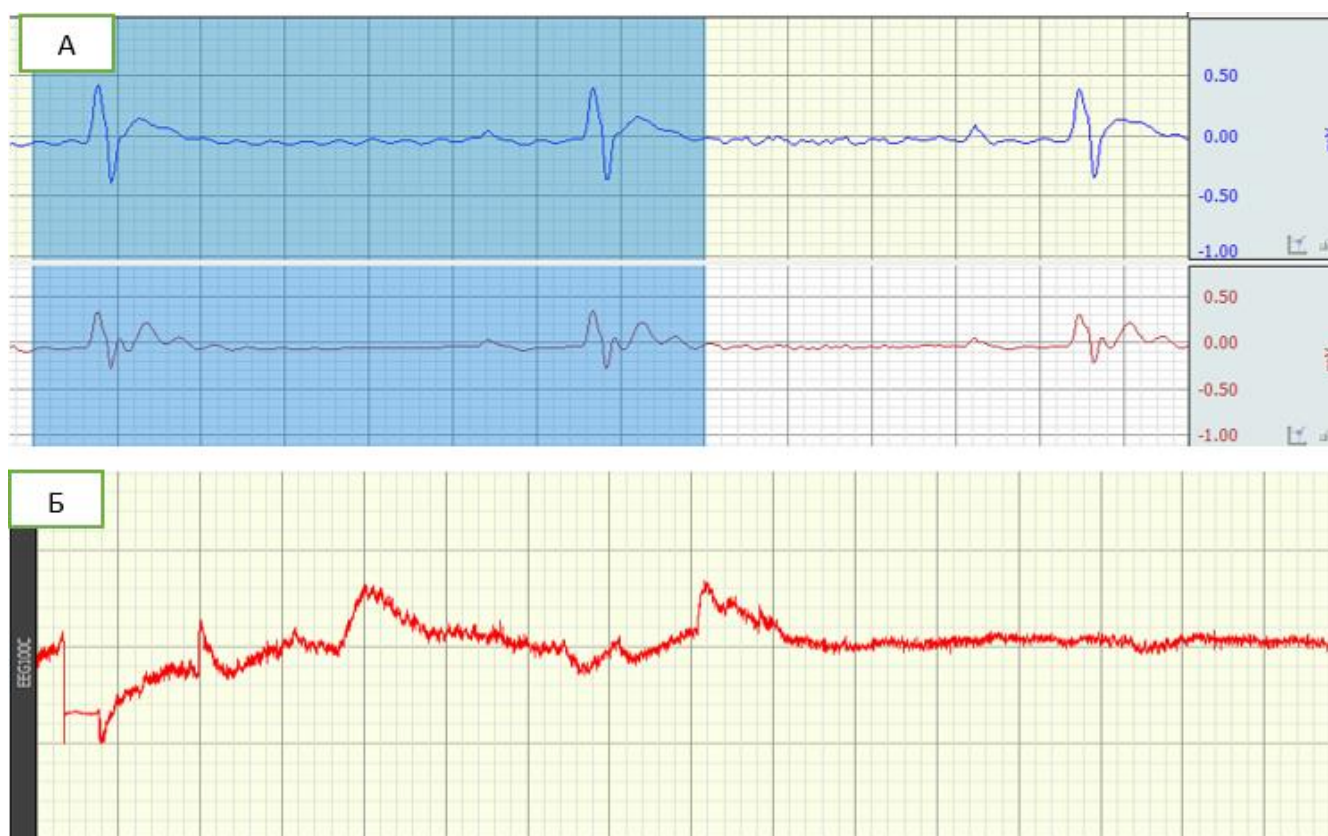


Рис. 1 – Электрическая активность сердца (А) и электрическая активность нейронов головного мозга (Б) крысы после аппликации порошка металлического кобальта на поверхность сенсомоторной области коры левого полушария

Одиночные ЭЭГ-паттерны вызывали кратковременные эпизоды аритмии. Спустя 120 минут после аппликации отмечались длительные периоды пароксизмальной активности (каждый продолжительностью 1—1,5 минуты). Зафиксированная нами пароксизмальная активность инициировала в свою очередь появление последующих коротколатентных брадиаритмических эпизодов (продолжительностью 0,9-6 секунд каждый). После прекращения пароксизмальной активности ритм вновь становился правильным, а нарушения проводимости нивелировались, что касается взаимных отношений между эпилептическим очагом и нарушениями ритма сердца во время как межприступной, так и иктальной активности, эпизоды аритмий не влияли на синхронность и синфазность эпилептической активности. Ритм сердца у всех исследуемых животных становился правильным после затухания эпилептической активности, а эпилептическая активность всегда предшествовала аритмической активности (рис. 1). Анализ ЭКГ показал, что межприступная активность с одиночными всплесками низкой частоты вызывала появление эпизодов дисфункции синусового узла (0,5-2 секунд каждый). Во время иктальной пароксизмальной активности эпизоды синусовой брадиаритмии длились статистически значимо дольше, и с пропорционально большей частотой. Наджелудочковые экстрасистолы и aberrantная желудочковая проводимость наблюдались в 5% случаев (рис. 2).

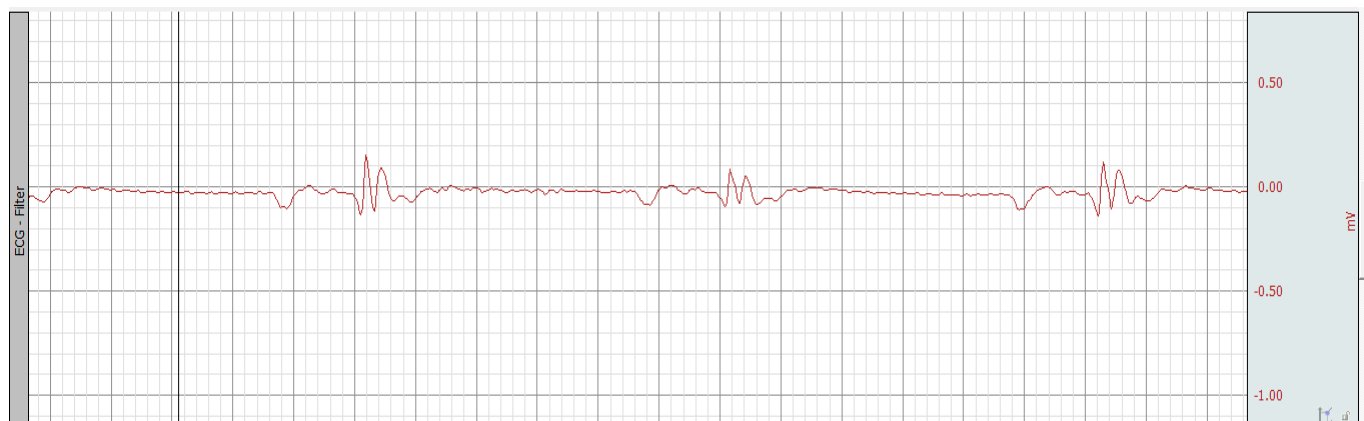


Рис. 2 –ЭКГ при aberrантной желудочковой проводимости

Начиная с 140 минуты и до 180 минуты после аппликации порошка металлического кобальта на поверхность сенсомоторной области коры левого полушария зафиксирована остановка синусового узла и желудочковые экстрасистолы (рис. 3).

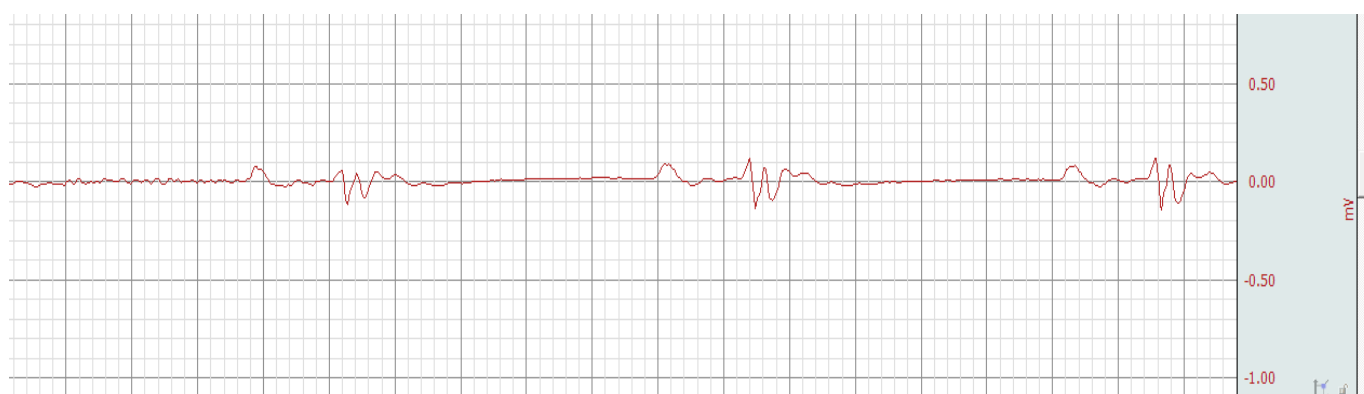


Рис.3 – ЭКГ при остановке синусового узла и единичных желудочковых экстрасистолах

Во всех случаях, спустя 180 минут после затухания эпилептического очага, а также в конце иктального периода в 100% случаев зарегистрировано восстановление правильного сердечного ритма. Непрерывный мониторинг электрической активности сердца позволил также проанализировать среднюю частоту сердечных сокращений и средний интервала R-R. Иктальная эпилептическая активность вызвала выраженную брадиаритмию, особенно в интервале с 120 минуты по 180 минуты с момента аппликации порошка металлического кобальта. Средняя частота сердечных сокращений ($M \pm m$) статистически значимо снижалась с $345,65 \pm 51,96$ до $180,42 \pm 68,11$ ударов в минуту ($p < 0,05$), но стоит отметить, что брадикардия была обусловлена увеличением частоты аритмических эпизодов с последующим удлинением интервалов R-R. Электрическая активность нейронов и артериальное давление (зафиксированные одновременно) показали, что эпилептиформная активность в межприступный период увеличивает интервал между *сфигмическими* периодами сокращения сердца при статистически значимом снижении диастолического давления, которое постепенно возвращается к базовому уровню. Поскольку систолическое давление оставалось на базовом уровне, снижение диастолического давления приводило к увеличению среднего артериального давления. Во время иктальной эпилептической активности систолическое и диастолическое давление статистически значимо снижались с $120,35 \pm 3,32$ и $85,75 \pm 2,12$ мм. рт. ст. до $100,19 \pm 3,09$ и $65 \pm 6,89$ мм. рт. ст. соответственно ($p < 0,05$). Когда иктальный эпизод закончился, системное давление вернулось к базовому уровню.

Регрессионный анализ временных корреляций между эпилептической активностью и аритмиями показал, что ЭЭГ-паттерны и пароксизмальная активность имеют линейную корреляцию во время межприступной и иктальной активности. Начиная с момента начала эксперимента и до 120 минуты наблюдалась параллельная тенденция переменной пароксизмальной электроэнцефалографической активности и аритмической активности ($r = 0,856$ и $r = 0,642$, соответственно), что свидетельствовало о нарастании аритмической активности, прямо пропорциональной эпилептической активности. Во время иктальной активности (с 120 до 180 минуты) аритмическая активность возрастала по отношению к эпилептической активности, но не с односторонней стохастической зависимостью ($r = 0,48$ и $r_x \sim 0,24$), что свидетельствует об ограничении брадиаритмического влияния эпилептиформного очага.

По результатам нашего эксперимента можно предположить, что выявленные в ходе эксперименты синусовые брадиаритмии, прямо пропорциональны длительности эпилептиформных пароксизмов. Иктальная активность могла спровоцировать кратковременную остановку синусового узла и желудочковые экстрасистолы, которые нивелировались при прекращении пароксизмальной активности.

Никаких других ЭКГ-паттернов в ходе нашего эксперимента, чем те, которые были описаны ранее, не наблюдалось, кроме 10% животных от общего числа, исключенных из оценки результатов. У этих животных показатели PCO_2 , PO_2 , pH статистически значимо отличались от базового уровня, и данные животные не были включены, во избежание недостоверного установления нейрогенного генеза аритмий. У этих животных метаболические нарушения инициировали появление тахикардии, стойкой остановки синусового узла, нарушение реполяризации, ишемического

поражения сердца, атриовентрикулярной блокады II-III степени, фибрилляции желудочков и смерти. Можно предположить, что при отсутствии респираторной поддержки и возможных метаболических осложнениях у экспериментальных животных могли бы возникнуть более серьезные брадиаритмии, чем наблюдаемые в настоящем эксперименте.

Эпилептическая активность инициировала брадиаритмию, которая приводила к удлинению интервала R-R, и диастолы с последующим выраженным снижением диастолического давления, которое постепенно возвращалось к базовому значению. Вероятно, помимо брадиаритмического эффекта, эпилептиформный очаг влиял и на системную гемодинамику за счет снижения периферического сопротивления и, следовательно, диастолического давления. Поскольку систолическое давление сохранялось на базовом уровне, возможно, что удлинение диастолы способствовало увеличению преднагрузки, которая затем могла вызвать увеличение сердечного выброса с целью устранения нейрогеннообусловленного снижения сократительной способности сердца (выявлено повышение артериального давления, а, следовательно, и увеличение среднего давления, так как этот компенсаторный механизм мог обеспечить достаточный сердечный выброс во время межприступной активности).

Баланс между симпатическими и парасимпатическими влияниями посредством реализации хронотропных и инотропных эффектов на сердечно-сосудистую систему, а в частности на миокард, обуславливает сердечный гомеостаз. Нарушения этого баланса приводят к изменению функциональных возможностей сердца. В ряде экспериментов по оценке глобальной и региональной симпатической активности было показано, что при локализации эпилептогенного очага в сенсомоторной области фиксируется снижение захвата радиофармпрепарата в сравнении с интактными животными [7], [8], что безусловно, указывает на десинхронизацию симпатической иннервации. Десинхронизация симпатической иннервации сердца зачастую сопровождается повышением чувствительности β -адренергических рецепторов к адренергическим влияниям, и как следствие, отмечается повышенная аритмогенная активность при взаимодействии с катехоламинами. По мере распространения эпилептической активности от первичного очага и вовлечения структур головного мозга начинают появляться перииктальные кардио-феномены. Во время эпилептических припадков высвобождаемые надпочечниками катехоламины могут существенно влиять на сердечный ответ. Увеличение титров катехоламинов в плазме зачастую сопровождается дилатацией миокарда желудочков со снижением глобальной сократимости и формированием стресс-индуцированной кардиомиопатии [10].

Учитывая латентность кардиального и гемодинамического ответа, можно резюмировать, что во время пароксизмальной активности нейронов головного мозга нарушения ритма и гемодинамические изменения имели нейрогенное происхождение. Снижение диастолического и среднего артериального давления, вероятно, не влияло на мозговой кровоток. Критическое снижение мозгового кровотока должно вызывать церебральную ишемию с последующими изменениями электрической активности головного мозга [9], [11]. При церебральной ишемии эпилептическая активность значительно возрастает или напротив резко прекращается в зависимости от степени снижения мозгового кровотока [11].

Выводы

Резюмирую выше изложенное, можно отметить следующее: одиночные ЭЭГ-паттерны вызывают кратковременные эпизоды аритмии. Спустя 120 минут после аппликации отмечаются длительные периоды пароксизмальной активности (каждый продолжительностью 1—1,5 минуты). Регрессионный анализ временных корреляций между эпилептической активностью и аритмиями показал, что ЭЭГ-паттерны и пароксизмальная активность имеют линейную корреляцию во время межприступной и иктальной активности. Синусовые брадиаритмии, прямо пропорциональны длительности эпилептиформных пароксизмов. Иктальная активность могла спровоцировать кратковременную остановку синусового узла и желудочковые экстрасистолы, которые нивелировались при прекращении пароксизмальной активности.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Feigin V.L. Global, regional, and national burden of neurological disorders, 1990–2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016/ V.L. Feigin, E. Nichols, T. Alam // *Lancet Neurology*. – 2019. – №18. – P. 459–480.
2. Bertran F. Epilepsy today / F. Bertran // *Revue de l'Infirmiere*. – 2018. – №67(243). – P.14-16. DOI: 10.1016/j.revinf.2018.07.003. PMID: 30262002.
3. Sidhu M. K. Neuroimaging in epilepsy/ M.K. Sidhu, J.S. Duncan, J.W. Sander // *Current Opinion in Neurology*. – 2018. – №31(4). – P. 371-378. DOI: 10.1097/WCO.0000000000000568. PMID: 29782369.
4. Annex a to the european convention on the protection of spine animals used for experiments and other scientific purposes (ets №. 123) guidelines for the maintenance and care of laboratory morals (laboratory). – 2006. [Electronic resource]. – URL: <http://conventions.coe.int/Treaty/EN/Treaties/PDF/123- Arev. pdf> (accessed: 11.03.2022).
5. Inchina V.I. Study of peculiarities of expression of neurological deficiency in rats with cerebral pathology of traumatic genesis and acute hypoxia in the acute period / V.I. Inchina, D.M. Korobkov, A.O. Petrunin A.O // *Modern problems of science and education*. – 2020. – №3. – P. 100.
6. Reference Manual for AcqKnowledge® 4.4 Software & MP150/MP36R, BioHarness, B-Alert Mobita or Stellar Hardware/Firmware on Windows® 10, 8, 7 or Vista, or Mac OS® X 10.5-10.9 [Electronic resource]. URL: https://www.biopac.com/wp-content/uploads/BSL-PRO-3_7-Manual.pdf (accessed: 11.03.2022).
7. Steriade C. Epilepsy: key experimental therapeutics in early clinical development / C. Steriade C., J. French, O. Devinsky // *Expert Opinion on Investigational Drugs*. – 2020. – №29(4). – P. 373-383. DOI: 10.1080/13543784.2020.1743678. PMID: 32172604.

8. Singh G. The global burden of epilepsy report: Implications for low- and middle-income countries / G. Singh, J.W. Sander // *Epilepsy & Behavior*. – 2020. – №105. – P.106949. DOI: 10.1016/j.yebeh.2020.106949. PMID: 32088583.
9. Huberfeld G., Blauwblomme T, Miles R. Hippocampus and epilepsy: Findings from human tissues / G. Huberfeld, T. Blauwblomme, R. Miles // *Revue Neurologique*. – 2015. – №171(3). – P. 236-251. DOI: 10.1016/j.neurol.2015.01.563. PMID: 25724711; PMCID: PMC4409112.
10. Fernandez-Baca Vaca G. Focal EEG abnormalities and focal ictal semiology in generalized epilepsy/ G. Fernandez-Baca Vaca, J.T.Park//*Seizure*. – 2020. – №77. – P. 7-14. DOI: 10.1016/j.seizure.2019.12.013. PMID: 31882201.
11. Moraes M.F.D. Epilepsy as a dynamical system, a most needed paradigm shift in epileptology / M.F.D. Moraes, D. de Castro Medeiros, F.A.G. Mourao, S.A.V. Cancado, V.R. Cota // *Epilepsy & Behavior*. – 2021. – №121(Pt. B). – P.106838. DOI: 10.1016/j.yebeh.2019.106838. PMID: 31859231.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.118.4.081>**PRP-ТЕРАПИЯ ЯИЧНИКОВ: МОЛЕКУЛЯРНЫЕ АСПЕКТЫ**

Обзорная статья

Громенко Д.Д.^{1,*}, Надеждина Е.А.², Громенко И.Д.³, Бердигулова Э.Ф.⁴, Янбарисова А.Р.⁵, Галимов Ш.Н.⁶¹ ORCID: 0000-0001-5638-1779;² ORCID: 0000-0002-8129-0665;³ ORCID: 0000-0001-8582-660X;⁴ ORCID: 0000-0002-5111-0256;⁵ ORCID: 0000-0003-3799-4080;⁶ ORCID: 0000-0002-5871-515X;^{1, 2, 3, 4, 5, 6} Башкирский государственный медицинский университет, Уфа, Россия

* Корреспондирующий автор (dasha.gromenko[at]mail.ru)

Аннотация

Бесплодие — заболевание, характеризующееся невозможностью достичь клинической беременности после 12 месяцев регулярной половой жизни без контрацепции вследствие нарушения способности субъекта к репродукции. В последние годы увеличилась частота встречаемости этого диагноза по причине преждевременной недостаточности яичников, а низкий овариальный резерв совместно с «бедным» ответом яичников на стимуляцию остаются основными факторами бесплодия у женщин старшего репродуктивного возраста. Применение вспомогательных репродуктивных технологий у данных пациенток ассоциировано с низкой частотой наступления беременности. Обогащенная тромбоцитами плазма (PRP), содержащая различные факторы роста, усиливающие регенерацию, ангиогенез и процесс пролиферации клеток, представляет собой интерес как метод преодоления бесплодия при вышеупомянутых состояниях.

Ключевые слова: PRP-терапия, обогащенная тромбоцитами плазма, преждевременная недостаточность яичников, овариальный резерв.

OVARIAN PRP THERAPY: MOLECULAR ASPECTS

Review article

Gromenko D.D.^{1,*}, Nadezhkina E.A.², Gromenko I.D.³, Berdigulova E.F.⁴, Yanbarisova A.R.⁵, Galimov Sh.N.⁶¹ ORCID: 0000-0001-5638-1779;² ORCID: 0000-0002-8129-0665;³ ORCID: 0000-0001-8582-660X;⁴ ORCID: 0000-0002-5111-0256;⁵ ORCID: 0000-0003-3799-4080;⁶ ORCID: 0000-0002-5871-5151,^{1, 2, 3, 4, 5, 6} Bashkir State Medical University, Ufa, Russia

* Corresponding author (dasha.gromenko[at]mail.ru)

Abstract

Infertility is a disease characterized by the inability to achieve clinical pregnancy after 12 months of regular sexual activity without contraception due to the subject's hindered ability to reproduce. In recent years, the frequency of this diagnosis has increased due to premature ovarian insufficiency, and low ovarian reserve, together with a "poor" ovarian response to stimulation, remain the main factors of infertility in older women of reproductive age. The use of assisted reproductive technologies in these patients is associated with a low frequency of pregnancy. Platelet-rich plasma (PRP), which contains various growth factors that enhance regeneration, angiogenesis, and cell proliferation, is of interest as a method of overcoming infertility in the above-mentioned conditions.

Keywords: PRP therapy, platelet-rich plasma, premature ovarian insufficiency, ovarian reserve.

Введение

Бесплодие — одна из самых актуальных проблем человечества на сегодняшний день. В России частота бесплодия колеблется от 17,2% до 24% в различных регионах [1]. Несмотря на наличие вспомогательных репродуктивных технологий (ВРТ), эти методы имеют весьма ограниченное применение у 2-х групп пациентов - с низким овариальным резервом и с «бедным» ответом яичников на гормональную стимуляцию.

К первой группе относятся женщины с преждевременной недостаточностью яичников (состояние, характеризующееся снижением функции яичников в возрасте до 40 лет, за последние несколько десятилетий его частота выросла с 1% до почти 2%); и женщины позднего репродуктивного возраста, у которых снижение овариального резерва сочетается с низким качеством ооцитов [2], [3]. Следует отметить, что в последнее время произошло значительное увеличение среднего возраста первородящих матерей, который колеблется между третьим и четвертым десятилетием [4], [5], и в связи с этим доля женщин позднего репродуктивного возраста среди пациентов репродуктологов также выросла.

Женщины с «бедным» ответом яичников на стимуляцию представляют собой вторую основную группу пациентов. К ним относятся около 20% пациенток, у которых после индукции суперовуляции с дозировкой не менее 150 МЕ ФСГ в день в ходе экстракорпорального оплодотворения (ЭКО), было получено менее 4 ооцитов или произошла отмена цикла (после развития менее трех растущих фолликулов) [6], [7].

На сегодняшний день существуют варианты преодоления данного вида бесплодия при помощи программы донорства ооцитов или усыновления. Тем не менее, стремление женщин иметь здоровое генетически родственное потомство заставляет ученых исследовать подходы к восстановлению функции яичников у таких пациенток.

Появление аутологичной внутрияичниковой инъекции обогащенной тромбоцитами плазмы (PRP) отражает прорывной подход, демонстрирующий многообещающие результаты. Применение PRP и её эффективность были продемонстрированы в контексте регенеративной медицины [8], [9], с весьма многообещающими результатами.

PRP - плазма, полученная из периферической крови пациентки, состоит из большого количества тромбоцитов (около 1000000 тромбоцитов/мкл в 5 мл плазмы) [10], [11]. Альфа-гранулы активированных тромбоцитов обеспечивают и высвобождают сверхфизиологическое количество факторов роста и цитокинов, которые способствуют пролиферации и дифференциации клеток, хемотаксису и ангиогенезу, тем самым оптимизируя процесс регенерации. В яичнике PRP и содержащиеся в нем факторы роста стимулируют васкуляризацию и привлечение имеющихся примордиальных фолликулов, которые уже не могут быть стимулированы иным способом [12].

В ряде исследований было продемонстрировано, что интраовариальная инъекция PRP способствовала росту фолликулов и улучшила результаты лечения у бесплодных женщин с плохим прогнозом, что привело к нескольким случаям рождения детей в доношенном сроке без осложнений [13]. Вместе с тем, несмотря на большой интерес специалистов различного профиля, в литературе отсутствуют обзорные работы с анализом теоретических и практических аспектов использования PRP в репродуктивной медицине.

Данная статья посвящена изучению молекулярных механизмов восстановления функции яичников после интраовариальной инъекции PRP в отношении пациенток с низким овариальным резервом и «бедным» ответом яичников на стимуляцию.

Основная часть

PRP-терапия – это метод, направленный на восстановление функции яичников. В ходе этого метода периферическая кровь подвергается 1 или нескольким циклам центрифугирования с/без последующей активацией тромбоцитов [14]. Среди важнейших биологически активных веществ, высвобождаемых тромбоцитарными гранулами, влияние на ткань яичника оказывают:

- Тромбоцитарный фактор роста (PDGF)
- Трансформирующий фактор роста β (TGF- β , в т. ч. фактор дифференцировки роста GDF-9)
- Сосудистый эндотелиальный фактор роста (VEGF)
- Инсулиноподобный фактор роста-1 (IGF-1)
- Фактор роста фибробластов bFGF
- Фактор роста гепатоцитов (HGF)

Важно отметить, что механизмы оказания воздействия на яичники у этих веществ различны (Таблица 1).

Таблица 1 – Вещества тромбоцитарного происхождения, обладающие активностью в отношении яичников

Биологически активное вещество тромбоцитарного происхождения	Оказываемые эффекты
PDGF	<ul style="list-style-type: none"> • Усиление синтеза ДНК в фолликулах • Усиление перифолликулярного кровотока через a.ovarica • Репарация соединительной ткани
Трансформирующий фактор роста β (TGF- β , в т.ч. фактор дифференцировки роста GDF-9)	<ul style="list-style-type: none"> • Участие в регуляции перехода от примордиального фолликула к первичному и стимуляции экспрессии рецепторов ФСГ в яичниках • Регуляция апоптотических механизмов фолликулов • Регуляция ангиогенеза с VEGF • Осуществление взаимодействия между текальными, гранулезными клетками и ооцитом во время фолликулогенеза и созревания • Репарация соединительной ткани совместно с PDGF
Сосудистый эндотелиальный фактор роста (VEGF)	<ul style="list-style-type: none"> • Усиление ангиогенеза • Подавление повреждений, вызванных окислительным стрессом • Стимуляция активации фолликулов • Ингибирование апоптоза гранулезных клеток яичников
Инсулиноподобный фактор роста-1 (IGF-1)	<ul style="list-style-type: none"> • IGF-I совместно с IGF-II стимулируют рост вторичных фолликулов.
Фактор роста фибробластов (bFGF)	<ul style="list-style-type: none"> • Активация ангиогенных процессов • Усиливает действие VEGFR2 • Усиление пролиферации и развития фолликулов • Усиление пролиферации гранулезы и клеток стромы яичников
Фактор роста гепатоцитов (HGF)	<ul style="list-style-type: none"> • Поддержка фолликулогенеза путем регуляции клеток гранулезы • Подавление апоптоза в клетках гранулезы • Индукция фолликулогенеза

Окончание таблицы 1 – Вещества тромбоцитарного происхождения, обладающие активностью в отношении яичников

Биологически активное вещество тромбоцитарного происхождения	Оказываемые эффекты
Эпидермальный фактор роста (EGF)	• Увеличение размера фолликула за счет стимулирования роста ооцитов
Интерлейкин-8 (IL-8)	• Участие в нейтрофильной, гранулоцитарной инфильтрации теки и гранулезо-лютеинового слоя. • Ассоциируется с более высокими показателями беременности и качества эмбрионов
Интерлейкин-1b (IL-1b)	• Улучшение перифолликулярного кровотока, привлечения макрофагов/Т-клеток в фолликул

Условно по механизму действия факторы тромбоцитов подразделяются на:

- Регуляторы митотической активности: фибронектин (Fn), витронектин (Vn), PDGF, IGF, bFGF, EGF, HGF, TGF- β ;
- Регуляторы ангиогенеза и перифолликулярного кровотока: TGF- β , VEGF (в т.ч. VEGF-A), bFGF, IL-1b, PDGF
- Регуляторы хемотаксической функции, способствующие гранулоцитарной инфильтрации теки: TGF- β , IL-8, IL-1b

Регуляторы митотической активности

Тромбоцитарный фактор роста (PDGF) является одним из важнейших факторов, регулирующих рост и деление клеток. В частности, PDGF играет ключевую роль в росте кровеносных сосудов и усилении митотической активности фолликулов. Свое воздействие данный фактор оказывает аутокринно и паракринно, влияя на клетки теки и гранулезы.

Вклад тромбоцитарного фактора роста в стимуляцию яичников был выявлен опытным путем. Доказано, что при ингибировании PDGF у мышей фолликулы подвергаются атрезии из-за дисбаланса в соотношении антиапоптотических и проапоптотических белков, а также происходит уменьшение диаметра а. ovarica [15].

На данный момент выделяют четыре полипептидные цепи PDGF, которые образуют пять димерных PDGF-изоформ: PDGF-AA, -AB, -BB, -CC и -DD [16]. В случае PRP-терапии, мы искусственно активируем тромбоциты и вызываем выброс тромбоцитарного факторов роста, в организме же его выработка зависит от взаимодействия с рецептором (рисунок 1). Индуцированная лигандом димеризация рецептора вызывает его аутофосфорилирование, после чего активация внутриклеточных сигнальных путей осуществляется благодаря присоединению SH2-доменов-содержащих сигнальных молекул к определенным фосфорилированным остаткам тирозина [17].

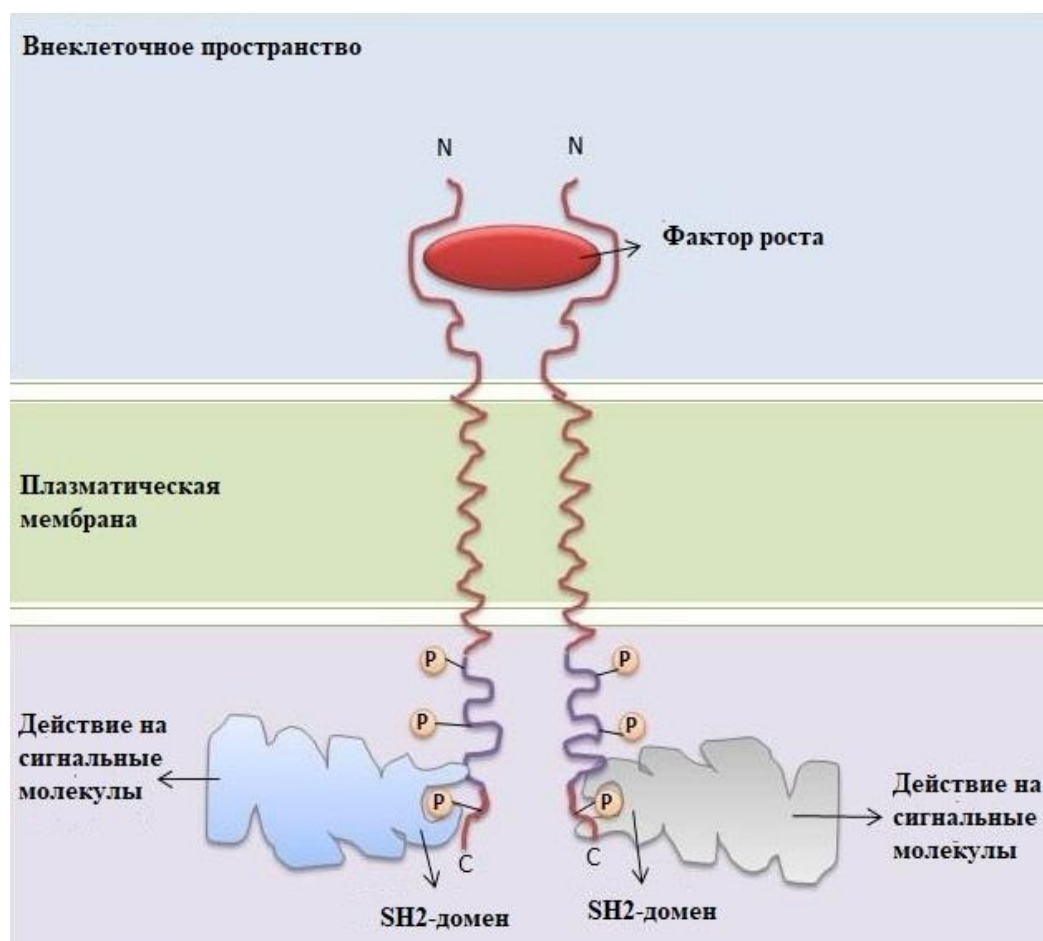


Рис. 1 – Активация рецептора фактора роста [17]

Потенцированию митогенной активности тромбоцитарного фактора роста способствуют фибронектин и витронектин. Клеточное взаимодействие фибронектина опосредуется интегринами [18]. Таким образом, предполагается, что для достижения оптимальной репаративной стимуляции PDGF следует вводить вместе с фибронектином [19].

Регуляторы ангиогенеза и перифолликулярного кровотока

Многие исследования показывают, что случаи позднего репродуктивного возраста, преждевременной недостаточности яичников и «бедного» ответа на стимуляцию сопряжены со снижением овариального кровотока [20], [21], [22], [23], [24]. Этот дефицит васкуляризации может быть еще одним фактором, способствующим нарушению функциональности яичников [20], [21], [23], [24], поскольку таким образом прекращается поступление кислорода, питательных веществ и гормонов, и из-за этого нарушается рост фолликулов. Однако существуют свидетельства, что это состояние может быть обратимым [25], [26], [27].

На роль основного регулятора ангиогенеза претендует сосудистый эндотелиальный фактор роста A (VEGF-A), концентрация которого находится в прямой зависимости от инсулиноподобного фактора роста 1 (IGF-1), гормона роста (GH), гонадотропинов, фактора роста фибробластов 2 (FGF-2), тромбоспондина (THSP-1), интерлейкина 1b (IL-1b), TGF- β 1. VEGF также необходим для поддержания сосудистой функции и структуры во время нормальной лютеиновой фазы. Ингибирование VEGF в середине лютеиновой фазы приводит к снижению секреции прогестерона и гибели эндотелиальных клеток [28].

В литературе отмечено, что IL-1b способствует нормализации перифолликулярного кровотока. Приводятся сведения о возрастании уровня мРНК, экспрессирующей цитокин IL-1b, по мере приближения к овуляции. У людей уровень мРНК IL-1b увеличивается в макрофагах фолликулярной жидкости и гранулезных клетках по мере того, как фолликул приближается к разрыву [29].

Регуляторы хемотаксической функции, способствующие гранулоцитарной инфильтрации теки

IL-8 является одним из действующих компонентов PRP-терапии. В физиологических условиях уровни IL-8 являются наиболее высокими в клетках теки в позднефолликулярном и раннеовуляторном периодах, ближе к овуляции. Количество тека-нейтрофилов увеличивается с ростом концентрации IL-8, что согласуется с предполагаемой хемотаксической ролью этого цитокина в привлечении Т-клеток, нейтрофилов, гранулоцитов [30].

Одним из потенциальных тромбоцитарных хемоаттрактантов является трансформирующий фактор роста β (TGF- β). Предполагают, что TGF- β может быть вовлечен в сигнальные пути, связанные с пролиферацией, дифференцировкой предшественников и клеток фибробластического ряда с последующей репарацией ткани и восстановлением функции [31].

В этой статье мы условно разделили функции тромбоцитарных факторов роста, однако следует подчеркнуть, что многие из этих веществ не ограничены одной ролью и, кроме того, в процессе фолликулогенеза этапность воздействия этих молекул также отличается (рисунок 2).

На ранней стадии фолликулогенеза активация примордиального фолликула стимулируется тромбоцитарным фактором роста (PDGF), фактором роста гепатоцитов (HGF), фактором роста фибробластов (FGF) и фактором стволовых клеток (SCF). Со стадии первичного фолликула до антрального рост сопровождают факторы роста и дифференцировки (GDF-9). Ключевое влияние на овуляцию и созревание фолликулов на поздних стадиях имеют следующие биологически активные вещества: фактор роста соединительной ткани (CTGF), интерлейкины, эпидермальный фактор роста (EGF), гранулоцитарный колониестимулирующий фактор (G-CSF), гранулоцит-макрофагальный колониестимулирующий фактор (GM-CSF) [32].



Рис. 2 – Вклад тромбоцитарных факторов роста в фолликулогенез на различных стадиях [32]

Заключение

Современные исследования указывают на преимущества внедрения технологии внутрияичниковой инъекции PRP плазмы для пациенток с низким овариальным резервом и «бедным» ответом яичников. Изучение влияния PRP на яичник на молекулярном уровне продемонстрировало три ключевых механизма действия: ряд тромбоцитарных факторов, действуя на разных этапах фолликулогенеза, регулируют митотическую активность (PDGF, IGF, Fn, Vn, bFGF, EGF, HGF, TGF- β); в то время как другие группы способствуют васкуляризации и улучшению качества перифолликулярного кровотока (TGF- β , VEGF, bFGF, IL-1b, PDGF) и хемотаксису к теке, что приводит к ее гранулоцитарной инфильтрации с развитием физиологического воспаления ткани (TGF- β , IL-8, IL-1b). Несмотря на многочисленные работы,

молекулярные механизмы воздействия обогащенной тромбоцитами плазмы остаются не до конца изученными, что диктует необходимость продолжения исследований в этой области.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Российская Федерация. Клинические рекомендации. Клинические рекомендации - Женское бесплодие. 2021-2022-2023 [разработаны Российское общество акушеров-гинекологов. Утверждены Минздравом РФ 24.06.2021] – 7 с.
2. Lagergren K. The prevalence of primary ovarian insufficiency in Sweden: A national register study / Lagergren K., Hammar M., Nedstrand E. // BMC Womens Health. –2018. – Vol.18. – P. 175.
3. Franasiak J.M. The nature of aneuploidy with increasing age of the female partner: a review of 15,169 consecutive trophectoderm biopsies evaluated with comprehensive chromosomal screening / Franasiak J.M., Forman E.J., Hong K.H. // Fertil Steril. –2014. –Vol.101 (3). – P. 656.
4. Martin J. A. Births: Final Data for 2016. / Martin J. A., Hamilton B. E., Osterman M. J. K. // Natl. Vital Stat. Rep. – 2018. – Vol.67. – P. 1–55.
5. Mathews T.J. Mean Age of Mothers is on the Rise: United States, 2000–2014. / Mathews T.J., Hamilton B.E. // NCHS Data Brief. – 2016. – Vol.232. – P.1–8.
6. Vaiarelli A. What is new in the management of poor ovarian response in IVF? / Vaiarelli A., Cimadomo D., Ubaldi N. // Curr Opin Obstet Gynecol –2018. – Vol.30. – P. 155–162.
7. Ferraretti A.P. ESHRE working group on Poor Ovarian Response Definition. ESHRE consensus on the definition of 'poor response' to ovarian stimulation for in vitro fertilization: the Bologna criteria. / Ferraretti A.P., Marca A.L, Fauser B.C. // Hum Reprod. – 2011. – Vol.26(7). – P.1616.
8. Borriore P. Platelet-rich plasma in muscle healing / Borriore P., Gianfrancesco A.D., Pereira M.T. // Am. J. Phys. Med. Rehabil. –2010. – Vol.89:854– P.861.
9. Alio J. The role of “eye platelet rich plasma” (E-PRP) for wound healing in ophthalmology / Alio J., Arnalich-Montiel F., E Rodriguez A. // Curr. Pharm. Biotechnol. – 2012. – Vol.13:1257 – P.1265.
10. Sundman E.A. Growth factor and catabolic cytokine concentrations are influenced by the cellular composition of platelet-rich plasma / Sundman E.A.; Cole B.J.; Fortier L.A. // Am. J. Sports Med. – 2011. – Vol.39 – P.2135–2140.
11. Marx R.E. Platelet-rich plasma (PRP): What is PRP and what is not PRP? / Marx R.E. // Implant. Dent. –2001. – Vol. 10 – P.225–228.
12. Ferrari A.R. Evaluation of the Effects of Platelet-Rich Plasma on Follicular and Endometrial Growth: A Literature Review. / Ferrari A. R., Cortezzi S., Borges E. // JBRA assisted reproduction, –2021. – Vol.25(4) – P.601–607.
13. Sfakianoudis K. Reactivating Ovarian Function through Autologous Platelet-Rich Plasma Intraovarian Infusion: Pilot Data on Premature Ovarian Insufficiency, Perimenopausal, Menopausal, and Poor Responder Women / Sfakianoudis K., Simopoulou M., Grigoriadis S. // Journal of clinical medicine, – 2020. – Vol.9(6) – P.1809.
14. Dhurat R. Principles and Methods of Preparation of Platelet-Rich Plasma: A Review and Author's Perspective. / Dhurat R., Sukesh M. // J Cutan Aesthet Surg. –2014. – Vol.7 – P.189–197.
15. Parborell M.F. Inhibition of platelet-derived growth factor (PDGF) receptor affects follicular development and ovarian proliferation, apoptosis and angiogenesis in prepubertal eCG-treated rats. / Parborell M.F. // Mol.Cell Endocrinol – 2015. – Vol.412 – P.148–158.
16. Aaronson S.A. Growth factors cancer. / Aaronson S.A. // Science. Nov. –1991. – Vol.254(5035) – P.1146-53.
17. Guo D. Vascular Endothelial Cell Growth Factor Promotes Tyrosine Phosphorylation of Mediators of Signal Transduction That Contain SH2 Domains. / Guo D., Jia Q., Song H.-Y. // Journal of Biological Chemistry, – 1995. – Vol.270(12) –P.6729–6733.
18. Larivière B. Human plasma fibronectin potentiates the mitogenic activity of platelet-derived growth factor and complements its wound healing effects. / Larivière B., Rouleau M., Picard S. // Wound Repair Regen. – 2003. – Vol.11(1) – P.79-89.
19. Lariviere B. Human plasma fibronectin potentiates the mitogenic activity of platelet-derived growth factor and complements its wound healing effects. / Lariviere B., Rouleau M., Picard S. // Wound Repair Regen – 2003. – Vol.11 – 79-89.
20. Badawy A. Prediction and Diagnosis of Poor Ovarian Response: The Dilemma. /Badawy A., Wageah A., Gharib M. // J. Reprod. Infertil. – 2011. – Vol.12:241 – P.248.
21. Broekmans F.J. Ovarian Aging: Mechanisms and Clinical Consequences. / Broekmans F.J., Soules M.R., Fauser B.C. // Endocr. Rev. – 2009. – Vol.30:465. – P.493.
22. Fenton A.J. Premature ovarian insufficiency: Pathogenesis and management. / Fenton A.J.// J. Life Health. – 2015. – Vol.6. – P.147–153.
23. Şükür Y.E. Ovarian aging and premature ovarian failure. J. Turk. / Şükür Y.E., Kıvançlı İ.B., Özmen B. // Ger. Gynecol. Assoc. – 2014. – Vol.15:190. – P.196.
24. Younis J.S. Undetectable basal ovarian stromal blood flow in infertile women is related to low ovarian reserve. / Younis J.S., Haddad S., Matilsky M. // Gynecol. Endocrinol. Off. J. Int. Soc. Gynecol. Endocrinol. –2007. – ; Vol.23:284. – P.289.
25. Herraiz S. Autologous stem cell ovarian transplantation to increase reproductive potential in patients who are poor responders. / Herraiz S., Romeu M., Buigues A. // Fertil. Steril. – 2018. – Vol.110:496 – P.505.
26. Ozcan P. The protective effect of platelet-rich plasma administrated on ovarian function in female rats with Cy-induced ovarian damage. / Ozcan P., Takmaz T., Tok O.E. // J. Assist. Reprod. Genet. – 2020. – Vol.37:865 – P.873.
27. Sills E.S. Autologous activated platelet-rich plasma injection into adult human ovary tissue: Molecular mechanism, analysis, and discussion of reproductive response. / Sills E.S., Wood S.H. // Biosci.Rep. – 2019. – P.39.

28. Duncan W.C. Inhibition of Vascular Endothelial Growth Factor in the Primate Ovary Up-Regulates Hypoxia-Inducible Factor-1 in the Follicle and Corpus Luteum. / Duncan W.C., Sander D., and Hamish M. // *Endocrinology*, – 2008. – Vol.149(7) –P.3313-20.
29. Levitas E. Periovarian and interleukin-1 beta-dependent up-regulation of intraovarian vascular endothelial growth factor (VEGF) in the rat: potential role for VEGF in the promotion of periovarian angiogenesis and vascular permeability. / Levitas E., Chamoun D., Udoff L.C. // *J Soc Gynecol Investig.* – 2000. – Vol.7(1) – P.51-60.
30. Szukiewicz D. Interleukin-8 may be involved in the ovarian mechanisms of follicle growth and ovulation. / Szukiewicz D., Pyzlak M., Klimkiewicz J. // *Inflamm.res.*56, – 2007.
31. Gonçalves L.F. Effect of EDTA on TGF- β 1 released from the dentin matrix and its influence on dental pulp stem cell migration. / Gonçalves L.F., Fernandes A.P., Cosme-Silva L. // *Braz Oral Res.* – 2016. – Vol.30:e131.
32. Vo T.K.C. Ovarian Rejuvenation Using Autologous Platelet-Rich Plasma. / Vo T.K.C., Tanaka Y., Kawamura K. // *Endocrines* – 2021. – Vol.2 – P.15-27.

Список литературы на английском языке / References in English*

1. Russian Federation. Clinical recommendations. Clinical Recommendation - Jenskoe besplodie. 2021-2022-2023 [produced Russian Society of obstetrics and gynecology. Approved Ministry of healthcare of Russia 24.06.2021] – 7 p. [in Russian]
2. Lagergren K. The prevalence of primary ovarian insufficiency in Sweden: A national register study/ Lagergren K., Hammar M., Nedstrand E. // *BMC Womens Health.* – 2018. – Vol.18. – P. 175.
3. Franasiak J.M. The nature of aneuploidy with increasing age of the female partner: a review of 15,169 consecutive trophoblast biopsies evaluated with comprehensive chromosomal screening / Franasiak J.M., Forman E.J., Hong K.H. // *Fertil Steril.* –2014. –Vol.101 (3). – P. 656.
4. Martin J.A. Births: Final Data for 2016. / Martin J.A., Hamilton B.E., Osterman M.J.K. // *Natl. Vital Stat. Rep.* – 2018. – Vol.67. – P. 1–55.
5. Mathews T.J. Mean Age of Mothers is on the Rise: United States, 2000–2014. / Mathews T.J., Hamilton B.E. // *NCHS Data Brief.* – 2016. – Vol.232. – P.1–8.
6. Vaiarelli A. What is new in the management of poor ovarian response in IVF? / Vaiarelli A., Cimadomo D., Ubaldi N. // *Curr Opin Obstet Gynecol* –2018. – Vol.30. – P. 155–162.
7. Ferraretti A.P. ESHRE working group on Poor Ovarian Response Definition. ESHRE consensus on the definition of 'poor response' to ovarian stimulation for in vitro fertilization: the Bologna criteria. / Ferraretti A.P., Marca A.L., Fauser B.C. // *Hum Reprod.* – 2011. – Vol.26(7). – P.1616.
8. Borriore P. Platelet-rich plasma in muscle healing./ Borriore P., Gianfrancesco A.D., Pereira M.T. // *Am. J. Phys. Med. Rehabil.* –2010. – Vol.89:854–P.861.
9. Alio J. The role of “eye platelet rich plasma” (E-PRP) for wound healing in ophthalmology / Alio J., Arnalich-Montiel F., E Rodriguez A. // *Curr. Pharm. Biotechnol.* – 2012. – Vol.13:1257 – P.1265.
10. Sundman E.A. Growth factor and catabolic cytokine concentrations are influenced by the cellular composition of platelet-rich plasma./ Sundman E.A.; Cole B.J.; Fortier L.A. // *Am. J. Sports Med.* – 2011. – Vol.39 – P.2135–2140.
11. Marx R.E. Platelet-rich plasma (PRP): What is PRP and what is not PRP? / Marx R.E. // *Implant. Dent.* –2001. – Vol. 10 – P.225–228.
12. Ferrari A.R. Evaluation of the Effects of Platelet-Rich Plasma on Follicular and Endometrial Growth: A Literature Review. / Ferrari A. R., Cortezzi S., Borges E. // *JBRA assisted reproduction*, –2021. – Vol.25(4) – P.601–607.
13. Sfakianoudis K. Reactivating Ovarian Function through Autologous Platelet-Rich Plasma Intraovarian Infusion: Pilot Data on Premature Ovarian Insufficiency, Perimenopausal, Menopausal, and Poor Responder Women./ Sfakianoudis K., Simopoulou M., Grigoriadis S. // *Journal of clinical medicine*, – 2020. – Vol.9(6) – P.1809.
14. Dhurat R. Principles and Methods of Preparation of Platelet-Rich Plasma: A Review and Author's Perspective. / Dhurat R., Sukesh M. // *J Cutan Aesthet Surg.* –2014. – Vol.7 – P.189–197.
15. Parborell M.F. Inhibition of platelet-derived growth factor (PDGF) receptor affects follicular development and ovarian proliferation, apoptosis and angiogenesis in prepubertal eCG-treated rats. / Parborell M.F. // *Mol.Cell Endocrinol* – 2015. – Vol.412 – P.148–158.
16. Aaronson S.A. Growth factors cancer. /Aaronson S.A.// *Science. Nov.* –1991. – Vol.254(5035) – P.1146-53.
17. Guo D. Vascular Endothelial Cell Growth Factor Promotes Tyrosine Phosphorylation of Mediators of Signal Transduction That Contain SH2 Domains. / Guo D., Jia Q., Song H.-Y. // *Journal of Biological Chemistry*, – 1995. – Vol.270(12) –P.6729–6733.
18. Larivière B. Human plasma fibronectin potentiates the mitogenic activity of platelet-derived growth factor and complements its wound healing effects. / Larivière B., Rouleau M., Picard S. // *Wound Repair Regen.* – 2003. – Vol.11(1) – P.79-89.
19. Lariviere B. Human plasma fibronectin potentiates the mitogenic activity of platelet-derived growth factor and complements its wound healing effects. / Lariviere B., Rouleau M., Picard S. // *Wound Repair Regen* – 2003. – Vol.11 – 79-89.
20. Badawy A. Prediction and Diagnosis of Poor Ovarian Response: The Dilemma. /Badawy A., Wageah A., Gharib M. // *J. Reprod. Infertil.* – 2011. – Vol.12:241 – P.248.
21. Broekmans F.J. Ovarian Aging: Mechanisms and Clinical Consequences. / Broekmans F.J., Soules M.R., Fauser B.C. // *Endocr. Rev.* – 2009. – Vol.30:465. – P.493.
22. Fenton A.J. Premature ovarian insufficiency: Pathogenesis and management. / Fenton A.J.// *J. Life Health.* – 2015. – Vol.6. – P.147–153.
23. Şükür Y.E. Ovarian aging and premature ovarian failure. *J. Turk.* / Şükür Y.E., Kıvançlı İ.B., Özmen B. // *Ger. Gynecol. Assoc.* – 2014. – Vol.15:190. – P.196.

24. Younis J.S. Undetectable basal ovarian stromal blood flow in infertile women is related to low ovarian reserve. / Younis J.S., Haddad S., Matilsky M. // *Gynecol. Endocrinol. Off. J. Int. Soc. Gynecol. Endocrinol.* –2007. – ; Vol.23:284. – P.289.
25. Herraiz S. Autologous stem cell ovarian transplantation to increase reproductive potential in patients who are poor responders. / Herraiz S., Romeu M., Buigues A. // *Fertil. Steril.* – 2018. – Vol.110:496 – P.505.
26. Ozcan P. The protective effect of platelet-rich plasma administrated on ovarian function in female rats with Cy-induced ovarian damage. / Ozcan P., Takmaz T., Tok O.E. // *J. Assist. Reprod. Genet.* – 2020. – Vol.37:865 – P.873.
27. Sills E.S. Autologous activated platelet-rich plasma injection into adult human ovary tissue: Molecular mechanism, analysis, and discussion of reproductive response. / Sills E.S., Wood S.H. // *Biosci.Rep.* – 2019. – P.39.
28. Duncan W.C. Inhibition of Vascular Endothelial Growth Factor in the Primate Ovary Up-Regulates Hypoxia-Inducible Factor-1 in the Follicle and Corpus Luteum. / Duncan W.C., Sander D., and Hamish M. // *Endocrinology*, – 2008. – Vol.149(7) –P.3313-20.
29. Levitas E. Periovarulatory and interleukin-1 beta-dependent up-regulation of intraovarian vascular endothelial growth factor (VEGF) in the rat: potential role for VEGF in the promotion of periovarulatory angiogenesis and vascular permeability. / Levitas E., Chamoun D., Udoff L.C. // *J Soc Gynecol Investig.* – 2000. –Vol.7(1) – P.51-60.
30. Szukiewicz D. Interleukin-8 may be involved in the ovarian mechanisms of follicle growth and ovulation. / Szukiewicz D., Pyzlak M., Klimkiewicz J. // *Inflamm.res.*56, – 2007.
31. Gonçalves L.F. Effect of EDTA on TGF- β 1 released from the dentin matrix and its influence on dental pulp stem cell migration. / Gonçalves L.F., Fernandes A.P., Cosme-Silva L. // *Braz Oral Res.* – 2016. – Vol.30:e131.
32. Vo T.K.C. Ovarian Rejuvenation Using Autologous Platelet-Rich Plasma. / Vo T.K.C., Tanaka Y., Kawamura K. // *Endocrines* – 2021. – Vol.2 – P.15-27.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.118.4.082>

ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ТОКСОКАРОЗА ЧЕЛОВЕКА В АСТРАХАНСКОМ РЕГИОНЕ

Научная статья

Киселева А.А.¹, Аракельян Р.С.^{2,*}, Аракелянц О.А.³, Вепасева А.В.⁴, Пак В.С.⁵, Ибрагимова Л.А.⁶,
Козлова А.С.⁷, Юлдашева Д.Б.⁸, Юлдашев Э.Б.⁹¹ ORCID: 0000-0001-5398-9244;² ORCID: 0000-0001-7549-2925;³ ORCID: 0000-0002-1182-0333;⁴ ORCID: 0000-0002-2064-1863;⁵ ORCID: 0000-0002-1795-5941;⁶ ORCID: 0000-0001-7031-1654;⁷ ORCID: 0000-0002-1036-8939;⁸ ORCID: 0000-0002-5098-5368;⁹ ORCID: 0000-0002-1912-6303;^{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9} Астраханский государственный медицинский университет, Астрахань, Россия;² Центр гигиены и эпидемиологии в Астраханской области, Астрахань, Россия

* Корреспондирующий автор (rudolf_astrakhan[at]rambler.ru)

Аннотация

Заболевание токсокароз имеет большую заинтересованность для врачей, так как при данном заболевании патологический процесс затрагивает разные системы организма. При данном заболевании наблюдается широкое разнообразие клинической симптоматики, а также методов диагностики и тактики лечения.

С 2016 по 2020 гг. в Астраханском регионе было зафиксировано 36 эпизодов токсокароза человека. За исследуемый нами срок, на долю токсокароза пришлось 0,4% эпизодов и 0,2% - от общего количества всех гельминтозов, которые были зарегистрированы в Астраханском регионе за 2016 – 2020 гг.

Токсокароз может наблюдаться как у детей, так и у взрослых. Так, на долю возрастного населения пришлось 83,6%, в т.ч. работающее население – 66,8%, пенсионеры – 12,3% и нетрудоустроенные – 3,4%.

На долю детей по заболеваемости токсокарозом пришлось 18,3%, среди которых, посещали ДДУ – 12,3%, средние общеобразовательные школы – 3,2%, еще один ребёнок – был дома с родителями – 3%.

Основными клиническими симптомами лиц, которые обратились в медицинское учреждение, были: сухой кашель – 22,8%, астения – 18,2%, болезненность в эпигастрии, а также субфебрильную температуру тела – по 12,4%, вазомоторный ринит и миалгию с артралгией – по 5,7%.

Также больные предъявляли жалобы на понижение аппетита, дерматит, одышку и потерю массы тела – по 2,7%.

После того как был проведен эпидемиологический анамнез было выяснено, что наиболее частыми факторами развития заболевания были: не соблюдение правилами личной гигиены – 93,8%, приём в пищу не мытых овощей и фруктов – 87,9%, тесная связь с домашними питомцами – 63,5%, обкусывание ногтей (онигофагия) – 21,3%, потребления в пищу земли и различных земельных пород (мел, глина) и облизывание рук – по 8,7%.

Основным выбором метода лабораторной диагностики токсокароза был – метод иммуноферментного исследования, с помощью которого выявлялись антитела к антигенам токсокар с иммуноглобулинами класса J (фирма ЗАО «Вектор-Бест», г. Ростов).

Выводы: таким образом, проблема токсокароза человека остается актуальной на сегодняшний день, это доказывают новые случаи заболевания человека. Возрастная категория граждан была различна, заболевание затрагивает как детей, так и взрослых. Наиболее частыми факторами риска развития болезни считаются близкий контакт с животными и не соблюдение основ личной гигиены. Доказательством присутствия паразитарной инфекции у больных служит, обнаружение у болеющих граждан титра антител 1:800 и выше, и вдобавок присутствие клинических симптомов болезни.

Ключевые слова: токсокароз, инвазия, боль в эпигастрии, дерматит, онихофагия, личная гигиена, иммуноферментный анализ.

EPIDEMIOLOGICAL ASPECTS OF HUMAN TOXOCAROSIS IN ASTRAKHAN OBLAST

Research article

Kiseleva A.A.¹, Arakelyan R.S.^{2,*}, Arakelyants O.A.³, Vepaeva A.V.⁴, Pak V.S.⁵, Ibragimova L.A.⁶, Kozlova A.S.⁷, Yuldasheva D.B.⁸, Yuldashev E.B.⁹¹ ORCID: 0000-0001-5398-9244;² ORCID: 0000-0001-7549-2925;³ ORCID: 0000-0002-1182-0333;⁴ ORCID: 0000-0002-2064-1863;⁵ ORCID: 0000-0002-1795-5941;⁶ ORCID: 0000-0001-7031-1654;⁷ ORCID: 0000-0002-1036-8939;⁸ ORCID: 0000-0002-5098-5368;⁹ ORCID: 0000-0002-1912-6303;^{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9} Astrakhan State Medical University, Astrakhan, Russia;² Center of Hygiene and Epidemiology in the Astrakhan Region, Astrakhan, Russia

* Corresponding author (rudolf_astakhan[at]rambler.ru)

Abstract

Toxocarosis is of great interest to doctors, since in this disease the pathological process affects different systems of the body. There is a wide variety of clinical symptoms, as well as diagnostic methods and treatment tactics for this disease.

In the period from 2016 to 2020, Astrakhan Oblast reported 36 episodes of human toxocarosis. During the period under study, the share of toxocarosis accounted for 0.4% of episodes and 0.2% of the total number of all helminthiasis that were registered in Astrakhan Oblast in the period from 2016 to 2020.

Toxocarosis can be observed in both children and adults. The share of the age population accounted for 83.6%, including the working population – 66.8%, the retired citizens – 12.3%, and the unemployed – 3.4%.

The share of children in the incidence of toxocarosis accounted for 18.3%, among whom 12.3% attended secondary schools, 3.2% attended secondary schools, and another child was at home with its parents – 3%.

The main clinical symptoms of persons who applied to a medical institution were the following: dry cough – 22.8%, asthenia – 18.2%, pain in the epigastrium, as well as subfebrile body temperature – 12.4% each, vasomotor rhinitis and myalgia with arthralgia – 5.7%.

Also, 2.7% of patients complained of decreased appetite, dermatitis, shortness of breath, and weight loss.

Epidemiological history demonstrates that the most frequent factors of the development of the disease were the following: non-compliance with the rules of personal hygiene – 93.8%, eating unwashed vegetables and fruits – 87.9%, close contact with pets – 63.5%, nail biting (onychophagia) – 21.3%, consumption of soil and various types of soil (chalk, clay) and hand licking – 8.7% each.

The main choice of the method of laboratory diagnosis of toxocarosis was the method of enzyme immunoassay, which was used to detect antibodies to toxocar antigens with class J immunoglobulins (CJSC "Vektor-Best", Rostov).

Conclusions: the problem of human toxocarosis remains relevant today, this is proved by new cases of this disease. The age category of citizens varied: the disease affects both children and adults. The most frequent risk factors for the development of the disease are close contact with animals and non-compliance with the basics of personal hygiene. The evidence of the presence of parasitic infection in patients is the detection of antibody titer 1:800 and higher in sick citizens, and in addition the presence of clinical symptoms of the disease.

Keywords: toxocarosis, invasion, epigastric pain, dermatitis, onychophagia, personal hygiene, enzyme immunoassay.

Введение

Проблема инфекционных и паразитарных болезней не утратила своей актуальности по сей день. Распространенность инфекционных заболеваний среди взрослого и детского населения является критерием социально-экологического благополучия стран и регионов [2].

Проблема заболевания токсокарозом имеет огромное значение в настоящее время. Яйца паразита достаточно длительное количество времени сохраняются в почве и не утрачивают свои инвазионные способности [1], [10].

Каждый год в России фиксируются тысячи эпизодов паразитарных болезней. Исключительное место занимает токсокароз, потому что этот паразит является слабоизученным и сложно дифференцируемым гельминтом для людей [3].

Основной проблемой широкого распространения токсокароза отводится бесконтрольному увеличению количества бродячих и домашних питомцев. Отсутствие норм и правил по их содержанию, некачественная дезинвазия их фекалий, приводит к тому, что происходит загрязнение продуктами обмена токсокар окружающей среды. В результате чего наша среда обитания превращается в мощный фактор заражения данным заболеванием [5].

Токсокароз – это достаточно редкое заболевание и вследствие этого при диагностике данного заболевания у медицинских специалистов могут возникнуть большие трудности. Иногда болезнь может протекать бессимптомно или с незначительными проявлениями, что еще сильнее оказывает затруднение в диагностике. Основными лицами группы риска являются сотрудники приюта для животных, работники жилищного хозяйства, садоводы, торговцы продуктовых рынков.

Цель работы. Изучить эпидемиологические аспекты токсокароза человека в Астраханском регионе за период 2016 – 2020 гг.

Материалы и методы

За исследуемый нами период в Астраханском регионе было зафиксировано 16845 эпизодов паразитарной инвазии, в т.ч. 86,7% были гельминтозы. На токсокароз выпало 0,2% (36 случаев) от числа всех случаев паразитозов.

Исследование осуществлялось на базах: ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии Астраханской области» и на кафедре инфекционных болезней и эпидемиологии ФГБОУ ВО «Астраханский ГМУ» Минздрава Российской Федерации и на базе гельминтологического центра ГБУЗ АО «Детская городская больница №3». Было проведено исследование 30 эпидемиологических карт лиц, у которых был диагностирован токсокароз. Основными методами применяемые в работе, были: оперативный и ретроспективный метод эпидемиологического анализа.

Результаты исследования

Ранее было отмечено, что за исследуемый нами срок с 2016 по 2020 гг. в Астраханской области было зафиксировано 30 эпизодов заражения человека токсокарами. В структуре общего количества гельминтозов, исследуемый период на долю токсокароза выявлено 0,23% эпизодов и 0,3% - от общей численности исследуемых гельминтозов, которые были зарегистрированы в Астраханском регионе за 2016 – 2020 гг.

Самое большое количество эпизодов токсокароза отмечено в 2016 и 2018 гг. – 30,3% и 31,8% соответственно. В другие годы также были зафиксированы эпизоды токсокароза человека, уже с гораздо сниженной частотой эпизодов: 2019 и 2020 гг. – по 15,2% и в 2017 г. – 9,3%.

В половом соотношении, заболеванию наиболее часто был подвержен женский пол – 65,3%.

Заболевание токсокароз могло затрагивать как детей, так и взрослых. Так, доля взрослых лиц составила 83,5%, в т.ч. работающие на производстве – 66,8%, пенсионеры – 12,2% и временно безработные – 3,2%.

Дети от общего количества заболеваемости составили 18,3%, среди которых, посещали ДДУ – 12,3%, средние общеобразовательные школы – 2,8%. И один ребенок – находился дома с родителями – 3%.

Случаи заболевания наблюдались у лиц, которые проживали как в городе, так и в сельских местностях. Чаще всего эпизоды токсокароза отмечены у лиц, которые проживали в черте города – 62,3%, но чаще всего у лиц, проживающих в Советском районе – 31,8%. В остальных окрестностях Астраханского региона эпизоды токсокароза наблюдались у лиц, которые проживали в Ленинском – 15,3% и Кировском – 12,5% районах. Один эпизод токсокароза был отмечен у больного, который проживал в Труссовском районе – 2,6%.

Среди сельских районов Астраханского региона – 37,9%, токсокароз наблюдался у лиц, проживающих в 4 районах: Икрянинском – 16,7%, Камызякском и Наримановском – по 9,2% и Приволжском – 2,7%.

Во всех, описанных нами случаях, у пациентов наблюдалась висцеральная форма токсокароза, основными клиническими симптомами которой, были жалобы пациентов на: кашель сухой – 22,8%, астению – 18,2%, болезненность в эпигастрии и увеличение температуры тела до субфебрильных цифр – по 12,4%, вазомоторный ринит, а также миалгию и артралгию – по 5,8%. У части больных – 35,9% жалобы отсутствовали.

Также больные предъявляли жалобы на пониженный аппетит, атопический дерматит разной стадии воспалительного процесса, одышку и потерю массы тела – по 2,7%.

После сбора эпидемиологического анамнеза было выяснено, что главными, провоцирующими факторами послужили: не соблюдение основ личной гигиены – 93,8%, использование в пищу не мытых продуктов питания – 87,9%, тесный контакт с животными домашними – 63,5%, обкусывание ногтей (онигофагия) – 21,3%, потребление в пищу земли (геофагия) и разных земельных пород (мел, глина) и облизывание рук – по 9,2%. Основы собственной гигиены придерживались только 6% больных.

Продолжительность клинических симптомов заболевания составляла от 5 дней до двух лет. В большинстве случаев – 59,4% продолжительность течения была менее 1 месяца. В редких случаях – один месяц – 12,3%, два месяца – 8,6%, 2 года – 6,5%. Иногда продолжительность болезни составляла 5, 6, 7, 8 и 11 месяцев – по 2,8%.

Токсокароз в большинстве случаев выявлялся в период ежегодно проводимых профилактических медицинских осмотров – 90,8%, а также при проведении лабораторных исследований, наблюдаемых у пациента патологических состояний: пневмония и ОРЗ – по 3,3%. В одном случае – 3,2% гельминт был установлен у больного, контактного с членами семьи.

Основным способом диагностики токсокароза был – метод иммуноферментного исследования, с помощью которого выявлялись антитела к антигенам токсокар с иммуноглобулинами класса J (фирма ЗАО «Вектор-Бест», г. Ростов) с титрованием.

Преимущественно у больных титр антител составлял 1:800 – 53,2%. У другой половины – 1:1600 – 43,9% и у одного пациента – 1:3200 – 2,8%.

На основании данных клинической картины и лабораторных анализов выставлялся окончательный диагноз «токсокароз».

Все лица, у которых был диагностирован токсокароз получали препарат «альбендозол» (10 мг/кг по 2 раза в день). Курс лечения составлял от 7 до 14 дней. Также наряду с антигельминтными лекарственными препаратами, назначались антигистаминные.

По завершению проведенного лечения, проводилось контрольное лабораторное исследование, и при его отрицательном значении диагноз снимался.

Обсуждение

Полученные выше данные свидетельствуют о неравномерном распределении заболевания среди жителей городских и сельских районов Астраханской области. так, у городских жителей зараженность паразитозом несколько выше таковой, чем в сельских районах: в Советском районе г. Астрахани показатели зараженности населения составили 31,8%, а в остальных городских окрестностях (Ленинский, Кировский и Труссовский районы) эпизоды токсокароза

наблюдались в разы меньше. Вероятнее всего, это может быть связано, во-первых, с большой плотностью населения г. Астрахани, а также обширностью территории данного района.

Среди сельских районов Астраханского региона токсокароз был зарегистрирован только в 4-х сельских районах из 12: Икрянинский – 16,7%, Камызякский и Наримановский – по 9,2% и Приволжский – 2,7%. Опять же, в данном случае, несомненно, главная роль отводится плотности заселения района, его площади и наличию бродячих животных.

Выводы

1. Насущность проблемы токсокароза человека подтверждают ежегодно регистрируемые в регионе случаи данного заболевания, характерного как для детей, так и для взрослых.
2. Главными провоцирующими факторами послужили пренебрежение основ личной гигиены и тесный контакт с животными.
3. Доказательством наличия паразитарной инфекции (висцеральный токсокароз) у больных служит, титр антител 1:800 и выше, а также наличие клинических симптомов заболевания.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Встречаемость яиц токсокар в песочницах города / Г. Г. Божко, Т. А. Гончарова, В. Е. Наделяев и др. // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – № 4. – С. 212.
2. Боткина А. С. Токсокароз у детей / А. С. Боткина // Практика педиатра. – 2015. – № 2. – С. 4-8.
3. Токсокароз у детей /Л. В. Глазунова, Р. Г. Артамонова, Е. Г. Бекташянц и др. // Лечебное дело. – 2008. – № 1. – С. 69-73.
4. Думбадзе О. С. Токсокароз – актуальный гельминтоз для России / О. С. Думбадзе // Дальневосточный журнал инфекционной патологии. – 2017. – № 33 (33). – С. 39-42.
5. Кувайцева Н. Г. Токсокароз глаз у детей / Н. Г. Кувайцева, М. Г. Михайлова // Российская педиатрическая офтальмология. – 2013. – № 1. – С. 65-67.
6. Нестерова Ю. В. Токсокароз – важная проблема для Приморского края / Ю. В. Нестерова // Дальневосточный журнал инфекционной патологии. – 2017. – № 33 (33). – С. 43-45.
7. Никулина М. А. Токсокароз: клинико-эпидемиологическая характеристика / М. А. Никулина // Дальневосточный журнал инфекционной патологии. – 2012. – № 21 (21). – С. 172-175.
8. Старостина О. Ю. Токсокароз: современное состояние проблемы в Российской Федерации. Сообщение 2: Заболеваемость населения токсокарозом в различных административных территориях Российской Федерации / О. Ю. Старостина // Эпидемиология и вакцинопрофилактика. – 2015. – Т. 14. – № 3 (82). – С. 54-58.
9. Чернова Т. М. Проблема гельминтозов в педиатрии. Токсокароз. Что делать? / Т. М. Чернова // Медицинский совет. – 2015. – № 4. – С. 73-76.
10. Чернова Т. М. Токсокароз в практике детского врача / Т. М. Чернова, О. В. Булина // Педиатр. – 2010. – Т. 1. – № 2. – С. 119-124.
11. Шипкова Л. Н. Токсокароз в Краснодарском крае / Л. Н. Шипкова, Е. А. Мальгина, Е. Г. Никулина // Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями. – 2016. – № 7. – С. 532-534.
12. Щевелёва Т. Н. Токсокароз, особенности эпидемиологии (обзор литературы и собственные исследования) / Т. Н. Щевелева, В. С. Софьин, Н. И. Миронова и др. // Научное обозрение. Медицинские науки. – 2016. – № 6. – С. 124-128.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Vstrechaemost' jaic toksokar v pesochnicah goroda [The occurrence of toxocara eggs in the sandboxes of the city] / G.G. Bozhko, T.A. Goncharova, V.E. Nadeljatv et al. //Sovremennye problemy nauki i obrazovanija [Modern problems of science and education]. – 2016. – № 4. – pp. 212. [in Russian]
2. Botkina A. S. Toksokaroz u detej [Toxocarosis in children] / A. S. Botkina // Praktika peditra [Pediatrician's practice]. – 2015. – № 2. – pp. 4-8. [in Russian]
3. Glazunova L. V. Toksokaroz u detej [Toxocarosis in children] / L.V. Glazunova, R.G. Artamonov, E.G. Bektashjanc et al. // Lechebnoe delo [Curative business]. – 2008. – № 1. – pp. 69-73. [in Russian]
4. Dumbadze O. S. Toksokaroz – aktual'nyj gel'mintoz dlja Rossii [Toxocarosis - topical helminthiasis for Russia] / O. S. Dumbadze // Dal'nevostochnyj zhurnal infekcionnoj patologii [Far Eastern Journal of Infectious Pathology]. – 2017. – № 33 (33). – pp. 39-42. [in Russian]
5. Kuvajceva N. G. Toksokaroz glaz u detej [Eye toxocarosis in children] /N.G. Kuvajceva, M. G. Mikhailova // Rossijskaja peditricheskaja oftal'mologija [Russian pediatric ophthalmology]. – 2013. – № 1. – pp. 65-67. [in Russian]
6. Nesterova Ju.V. Toksokaroz – vazhnaja problema dlja Primorskogo kraja [Toxocarosis is an important problem for Primorsky Krai] / Ju.V. Nesterova // Dal'nevostochnyj zhurnal infekcionnoj patologii [Far Eastern Journal of Infectious Pathology]. – 2017. – № 33 (33). – pp.43-45. [in Russian]
7. Nikulina M.A. Toksokaroz: kliniko-jepidemiologicheskaja harakteristika [Toxocarosis: clinical and epidemiological characteristics] / M.A. Nikulina // Dal'nevostochnyj zhurnal infekcionnoj patologii [Far Eastern Journal of Infectious Pathology]. – 2012. – № 21 (21). – pp.172-175. [in Russian]
8. Starostina O. Ju. Toksokaroz: sovremennoe sostojanie problemy v Rossijskoj Federacii. Soobshhenie 2: Zabolevaemost' naselenija toksokarozom v razlichnyh administrativnyh territorijah Rossijskoj Federacii [Toxocarosis: the current state of the problem in the Russian Federation. Message 2: The incidence of toxocarosis in various administrative territories of the Russian

Federation] / O. Ju. Starostina // J epidemiologija i vakcinoprofilaktika [Epidemiology and vaccination prevention]. – 2015. – Vol. 14. – № 3 (82). – pp.54-58. [in Russian]

9. Chernova T. M. Problema gel'mintozov v pediatrii. Toksokaroz. Chto delat'? [The problem of helminthiasis in pediatrics. Toxocarosis. What to do?] / T. M. Chernova // Medicinskij sovet [Medical Council]. – 2015. – № 4. – pp.73-76. [in Russian]

10. Chernova T. M. Toksokaroz v praktike detskogo vracha [Toxocarosis in the practice of a pediatric doctor] / T. M. Chernova, O. V. Bulina // Pediatr [//Pediatrician]. – 2010. – Vol. 1. – № 2. – pp.119-124. [in Russian]

11. Shipkova L. N. Toksokaroz v Krasnodarskom krae [Toxocarosis in the Krasnodar Territory] / L. N. Shipkova, E. A. Malgina, E. G. Nikulina // Teorija i praktika bor'by s parazitarnymi boleznyami [Theory and practice of combating parasitic diseases]. – 2016. – № 7. – pp.532-534. [in Russian]

12. Shheveljova T. N. Toksokaroz, osobennosti jepidemiologii (obzor literatury i sobstvennye issledovanija) [Toxocarosis, features of epidemiology (literature review and own research)] / T. N. Shheveleva, V. S. Sofiin, N. I. Mironova et al. // Nauchnoe obozrenie. Medicinskie nauki [Scientific Review. Medical sciences]. – 2016. – № 6. – pp.124-128. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.118.4.083>**ОСОБЕННОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА У ФУТБОЛИСТОВ 16-17 ЛЕТ**

Научная статья

Псеунок А.А.^{1,*}, Силантьев М.Н.², Чамокова А.Я.³, Гасанова Р.А.⁴^{1,2} Адыгейский государственный университет, Майкоп, Россия;³ Майкопский государственный технологический университет, Майкоп, Россия;⁴ Кубанский государственный медицинский университет, Краснодар, Россия

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

Аннотация

Исследование проводилось на протяжении двух учебных лет (начало и конец каждого учебного года) с одним и тем же контингентом школьников, занимающихся футболом и не занимающихся в возрасте 16-17 лет. Эксперимент проводился на базе ДЮСШ. Средний спортивный стаж к концу исследования составлял 7 лет. Контрольная группа занималась физической культурой два часа в неделю. Целью исследования явилось изучение вариативности сердечного ритма у футболистов 16-17 лет и у их сверстников, не занимающихся спортом. Определены особенности адаптации сердечного ритма юных футболистов и их сверстников, не занимающихся футболом.

К концу первого года исследования у футболистов увеличивается симпатический тип регуляции (41,67 %), что указывает на напряжение механизмов адаптации. Такая же картина выявлена у юношей, не занимающихся спортом к концу второго года исследования. Установлено, что в конце второго года исследования у футболистов по степени активации парасимпатического отдела вегетативной нервной системы выявлены две группы: у 50% регистрируются нормальные значения, у второй половины - напряжение механизмов сердечного ритма и неудовлетворительная адаптация. Полученные результаты расширяют представления о возрастных особенностях функционирования сердечно-сосудистой системы при физических нагрузках разной мощности у спортсменов.

Ключевые слова: сердечно-сосудистая система, сердечный ритм, адаптация, футболисты, тренировочные нагрузки.

ON THE FEATURES OF HEART RATE IN 16-17-YEAR-OLD FOOTBALL PLAYERS

Research article

Pseunok A.A.^{1,*}, Silantyev M.N.², Chamokova A.Y.³, Gasanova R.A.⁴^{1,2} Adyge State University, Maykop, Russia³ Maikop State Technological University, Maykop, Russia⁴ Kuban State Medical University, Krasnodar, Russia

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

Abstract

The study was conducted over two academic years (the beginning and the end of each academic year) with the same contingent of students aged 16-17 years engaged and not engaged in football. The experiment was conducted in a youth sports school. The average sports experience by the end of the study was 7 years. The control group was engaged in physical culture two hours a week. The aim of the study was to examine the heart rate variability in football players aged 16-17 and their peers who do not play sports. The study determined the features of the adaptation of the heart rate of young football players and their peers who were not involved in football.

By the end of the first year of the study, the sympathetic type of regulation increases in football players (41.67%), which indicates the tension of adaptation mechanisms. The same pattern was found in young men who were not involved in sports by the end of the second year of the study. It was found that at the end of the second year of the study, according to the degree of activation of the parasympathetic department of the autonomic nervous system, two groups were identified: 50% registered normal values, while the second half showed the tension of the heart rhythm mechanisms and unsatisfactory adaptation. The results obtained expand the understanding of the age-related features of the functioning of the cardiovascular system during physical exertion of different capacities in athletes.

Keywords: cardiovascular system, heart rate, adaptation, football players, training loads.

Введение

Сердечно-сосудистая система (ССС) обеспечивает приспособление организма к разным факторам среды. Она также обеспечивает поддержание гомеостаза [1, С. 66]. Для комплексной оценки адаптационных процессов футболистов необходимо исследовать СССР. Адаптация СССР к физическим нагрузкам обеспечивает повышение эффективности спортивной результативности и коррекции тренировочных нагрузок [6, С. 97].

Эффективным направлением решения данной проблемы являются регулярные, круглогодичные занятия подростков популярными видами двигательной активности. Как результат они впоследствии позволяют получить огромный оздоровительный и развивающий эффект [3, С. 31].

Одним из наиболее актуальных направлений ученые выделяют научно обоснованное построение учебно-тренировочного процесса подростков, занимающихся спортом на различных этапах многолетней подготовки [4, С. 145].

Исследования по возрастной физиологии свидетельствуют, что каждый этап онтогенеза отличается своим уровнем приспособляемости физиологических функций и во многом зависит от двигательной активности. При отсутствии минимальных физических нагрузок не происходит дальнейшее качественное совершенствование двигательной и вегетативной функций. Между тем, чрезмерно высокий уровень двигательной активности может оказаться стрессовой

нагрузкой, на которую организм реагирует по типу неспецифического адаптационного синдрома. При этом происходит истощение иммунологической реактивности организма.

Многие исследователи указывают в своих трудах, что физическую нагрузку необходимо выполнять с учетом соблюдения принципа адекватности нагрузки, учитывая адаптационные возможности организма футболистов. Под влиянием адекватных возрасту тренировочных нагрузок меняются взаимоотношения парасимпатических и симпатических влияний на сердечный ритм [8, С. 338], [7, С. 18].

При нарастании тренированности организма преобладает автономный контур регуляции, наблюдается децентрализация регуляторных механизмов сердечного ритма и ослабление тонуса симпатической нервной системы, а также усиление центральных механизмов управления при перетренированности [3, С. 32].

Интенсивная реализация возможного повышения физической работоспособности позволяет подростковому организму выделить отрезок для формирования других важных свойств и признаков физического развития организма [2, С. 55]. На каждом этапе возрастного развития степень приближения к дефинитивному уровню у спортсменов выше, чем у их сверстников, не занимающихся спортом. В комплексе это говорит о более высокой степени функциональной подготовленности спортсменов подросткового возраста [5, С. 61].

Цель исследования – изучить вариабельность сердечного ритма у футболистов 16-17 лет.

Методы исследования

Эксперимент проводился на базе ДЮСШ, обследовали футболистов 16-17 лет. В течение недели тренировка проходила 3 раза по два часа; контрольная группа – сверстники футболистов, занимались физической культурой два часа в неделю. Исследование проводилось в лонгитюдном режиме в течение двух лет (начало и конец каждого учебного года). В ходе проведения исследования выполнялись физические нагрузки на силу (бег, прыжки, приседания) и выносливость (кросс, прыжки на скакалке, занятия на тренажёрах). Тренером определялась нагрузка в зависимости от возраста и этапа тренировки на основании программы по подготовке футболистов для ДЮСШ. Количество тренировочных часов в неделю составляло для данной группы 18 часов.

Исследование вариабельности сердечного ритма проводилось на электрокардиографе с использованием аппаратно-программного комплекса «Поли-Спектр-12». Проводилась числовая характеристика вариационных пульсограмм: мода (Мо), вариационный размах (ΔX), амплитуда моды (АМо) и индекса напряжения (ИН).

Полученные результаты обработаны методами вариационной статистики: вычислялись средняя арифметическая (М), ошибка средней арифметической (т), критерий достоверности (t) по Стьюденту и уровня вероятности (Р).

Основные результаты

Изучение динамики активности звеньев регуляции сердечного ритма при систематических тренировочных нагрузках позволяет оценить возможности адаптации юных футболистов и, исходя из результатов, планировать и корректировать процесс тренировки.

Систематические тренировочные нагрузки изменяют активность автономного и центрального контура регуляции. В контрольной группе (у школьников, не занимающихся футболом) в регуляции сердечного ритма преобладало парасимпатическое влияние. В начале эксперимента в этой группе выявлено 83,33% с нормотическим типом регулирования сердца. А у остальной части напряжение регуляторных механизмов. В конце учебного года у них уменьшается процент с нормотическим типом регуляции (58,33%) и увеличивается процент (41,67%) с напряжением регуляторных механизмов.

У футболистов 16-17 лет в начале учебного года в регуляции сердечного ритма был выражен парасимпатический тонус. В конце второго учебного года выявлено напряжение регуляторных механизмов. По показателям сердечного ритма у футболистов можно выделить две группы – первая группа с нормотическим типом регуляции (50%), вторая – с симпатическим типом регуляции и неудовлетворительной адаптацией (50%). У школьников экспериментальной и контрольной группы на протяжении всего периода исследования параметры моды (Мо) находились в норме. У футболистов в конце первого учебного года выявлено симпатическое влияние в регуляции сердечного ритма, что указывает на напряжение адаптационных механизмов. Нами это расценивается как несоответствие физических нагрузок функциональным возможностям организма. В конце второго года эксперимента примерно у 60% обнаружен нормотический тип регуляции в ответ на тренировочные нагрузки, у 40% при выполнении физических упражнений скоростно-силовой направленности были выражены симпатические влияния, вызывающие напряжения регуляторных механизмов и неудовлетворительная адаптация. Мы склонны, это расценивать, что физическая нагрузка не соответствует возрасту.

Анализ индивидуальных показателей индекса напряжения на начало первого учебного года у футболистов показал, что у половины (50%) удовлетворительная адаптация, у другой половины (50%) выявлено выраженное напряжение центральных механизмов и влияние симпатической нервной системы.

Анализируя полученные результаты в начале второго учебного года, можно отметить, что у большинства футболистов (82,35%) в регуляции сердечного ритма преобладает центральный контур регуляции, что вызывает функциональное напряжение и возбуждение в центральной нервной системе.

Результаты корреляционного анализа у футболистов в течение первого учебного года показывают, что внутрисистемные связи между показателями физического развития и сердечного ритма сокращаются. К концу второго учебного года значительно увеличиваются внутрисистемные связи, также изменения корреляционного анализа в процессе тренировок указывают на формирование и становление механизмов сердечного ритма.

Вместе с тем, разрушение старых и образование новых связей свидетельствует об активном протекании реакций адаптации.

В группах спортсменов выявленные изменения нами расцениваются как ответная реакция организма на тренировочный процесс, в связи, с чем организм футболистов реагирует на предъявляемую нагрузку. Эти обстоятельства говорят о необходимости коррекции режима тренировок футболистов.

Заключение

Регулярные занятия футболом вносят определенные изменения в естественный ход онтогенетического развития. Под воздействием регулярных физических нагрузок наблюдаются сложные адаптивные взаимоотношения систем, обеспечивающих функционирование организма, особенно, проявляющиеся в многообразии разных вариантов реагирования сердечного ритма.

На основании полученных результатов можно разработать и внедрить программу прогнозирования функционального состояния организма футболистов, скорректировать физическую нагрузку в зависимости от возраста.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Баевский Р. Анализ вариабельности сердечного ритма: физиологические основы и основные методы проведения / Р. Баевский, А. Черникова // *Cardiometry*. – 2017. – Вып. 10. – С. 66-76.
2. Голубев Д. В. Прогнозирование функционального состояния юношей-футболистов на разных периодах спортивной подготовки / Д. В. Голубев, Ю. А. Щедрина // *Наука и спорт: современные тенденции*. – 2020. – Т. 8, №1. – С. 54-61.
3. Особенности вариабельности сердечного ритма у футболистов 14-16 лет / А. А. Псеунок, М. А. Муготлев, М. Н. Силантьев и др. // *Теория и практика физической культуры*. – 2020. – № 1. – С. 31-32.
4. Функциональная характеристика спортсменов-самбистов горного Алтая / Е. В. Попова, А. В. Махалин, О. И. Симонова и др. // *SiberianPedagogicalJournal*. – 2018. – № 1. – С. 145-151.
5. Прахин Е. И. Характеристика методов оценки физического развития детей / Е. И. Прахин, В. Л. Грицинская // *Педиатрия*. – 2014. – № 2. – С. 60-62.
6. Прусов П. К. Основные факторы физического развития мальчиков подростков / П. К. Прусов // *Педиатрия*. – 2014. – № 3. – С. 96-100.
7. Псеунок А. А. Физическое развитие и вариабельность сердечного ритма юных футболистов 12 – 14 лет / А. А. Псеунок, М. А. Муготлев, А. С. Ионов // *Наука: комплексные проблемы*. – 2014. – № 3. – С. 10-19.
8. Шумихина И. И. Динамика физического развития и функционального состояния организма у юных футболистов / И. И. Шумихина // *Современные методы организации тренировочного процесса, оценки функционального состояния и восстановления спортсменов : материалы Всерос. науч.-практ. конф.* – Челябинск : Уральск. гос. ун-т физ. культ., 2017. – С. 337-339.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Bayevsky R. Analiz variablnosti serdechnogo ritma: fiziologicheskiye osnovy i osnovnyye metody provedeniya [Analysis of heart rate variability: physiological bases and basic methods of conducting]. / R. Bayevsky, A. Chernikova // *Cardiometry*. – 2017. – Issue 10. – pp. 66-76. [in Russian]
2. Golubev D. V. Prognozirovaniye funktsionalnogo sostoyaniya yunoshey-futbolistov na raznykh periodakh sportivnoy podgotovki [Forecasting the functional state of young football players at different periods of sports training] / D. V. Golubev, Yu. A. Shchedrina / *Nauka i sport: sovremennyye tendentsii* [Science and Sport: modern trends]. – 2020. – Vol. 8, No. 1. – pp. 54-61. [in Russian]
3. Osobennosti variablnosti serdechnogo ritma u futbolistov 14-16 let [Features of heart rate variability in football players aged 14-16]. / A. A. Pseunok, M. A. Mugotlev, M. N. Silantyev, R. et al. // *Teoriya i praktika fizicheskoy kultury* [Theory and practice of physical culture]. – 2020. – No. 1. – pp. 31-32. [in Russian]
4. Funktsionalnaya kharakteristika sportsmenov-sambistov gornogo Altaya [Functional characteristics of sambo athletes of the Altai Mountains] / E. V. Popova, A.V. Makhalin, O. I. Simonova et al. // *SiberianPedagogicalJournal*. – 2018. – No. 1. – pp. 145-151. [in Russian]
5. Prakhin E. I. Kharakteristika metodov otsenki fizicheskogo razvitiya detey [Characteristics methods of assessing the physical development of children] / E. I. Prakhin, V. L. Gritinskaya // *Pediatrics*. – 2014. – No. 2. – pp. 60-62. [in Russian]
6. Prusov P. K. The main factors of physical development of adolescent boys / P. K. Prusov // *Pediatrics* [Pediatrics]. – 2014. – No. 3. – pp. 96-100. [in Russian]
7. Pseunok A. A. Fizicheskoye razvitiye i variablnost serdechnogo ritma yunikh futbolistov 12 - 14 let [Physical development and heart rate variability of young football players aged 12-14 years]. / A. A. Pseunok, M. A. Mugotlev, A. S. Ionov // *Nauka: kompleksnyye problemy* [Nauka: complex problems]. – 2014. – No. 3. – pp. 10-19. [in Russian]
8. Shumikhina I. I. Dinamika fizicheskogo razvitiya i funktsionalnogo sostoyaniya organizma u yunikh futbolistov [Dynamics of physical development and functional state of the body in young football players] / I. I. Shumikhina // *Sovremennyye metody organizatsii trenirovochnogo protsessa. otsenki funktsionalnogo sostoyaniya i vosstanovleniya sportsmenov : materialy Vseros. nauch.-prakt. konf.* [Modern methods of organizing the training process, assessing the functional state and recovery of athletes : materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference]. – Chelyabinsk: Uralsk State University of Physics. cult., 2017. – pp. 337-339. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.118.4.084>**ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНСТРУМЕНТОВ БЕРЕЖЛИВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
В ПРОФПАТОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЕ**

Научная статья

Сабитова М.М.¹, Берхеева З.М.², Гарипова Р.В.^{3,*}, Сафина К.Р.⁴¹ ORCID: 0000-0003-1843-9225;³ ORCID: 0000-0001-8986-8030;^{1, 2, 3} Казанский государственный медицинский университет Минздрава России, Казань, Россия;⁴ Республиканский центр профпатологии Минздрава Республики Татарстан, Казань, Россия

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

Аннотация

В современных условиях деятельности российского здравоохранения актуальна проблема экономии трудовых и финансовых средств. К перспективным принципам управления относится бережливое производство, направленное на снижение затрат при одновременном повышении эффективности и качества медицинских услуг. Опубликованы работы, свидетельствующие о положительных результатах применения бережливых технологий в здравоохранении разных стран. На протяжении последних лет в России реализуется новая модель медицинской организации, оказывающей первичную медико-санитарную помощь с использованием методов бережливого производства.

Целью исследования явилась оценка возможности использования принципов бережливого производства в развитие профпатологической службы (на примере Республики Татарстан). Материал исследования: данные Управления Роспотребнадзора республики Татарстан, регистра профессиональных заболеваний Республиканского центра профпатологии, первичной документации больных с профессиональной патологией. Методы исследования: статистический, метод бережливых технологий (картирование потока создания ценности).

Результаты. Проанализированы основные аспекты взаимодействия пациента, врача, среднего медицинского персонала, определен алгоритм действий медицинского персонала/пациента в потоке действий по экспертизе связи заболевания с профессией. Выявлены узкие места, потери в рабочем процессе при оказании профпатологической помощи, определены пути решения реализации необходимых действий для перехода к целевому состоянию. Заключение: оказание первичной медико-санитарной помощи по профпатологии сопровождается определенными потерями. Использование методов бережливых технологий позволит оптимизировать логику движения пациентов в ходе экспертизы связи заболевания с профессией и экспертизы профессиональной пригодности. Проведенный анализ проблемы потока позволил определить пути решения и разработать пошаговый план реализации необходимых действий для перехода к целевому состоянию.

Ключевые слова: бережливое производство, профпатологическая помощь, профессиональная заболеваемость, периодические медицинские осмотры.

**PROSPECTS FOR THE USE OF LEAN TECHNOLOGY TOOLS
IN THE OCCUPATIONAL PATHOLOGY SERVICE**

Research article

Sabitova M.M.¹, Berkheeva Z.M.², Garipova R.V.^{3,*}, Safina K.R.⁴¹ ORCID: 0000-0003-1843-9225;³ ORCID: 0000-0001-8986-8030;^{1, 2, 3} Kazan State Medical University of the Ministry of Health of Russia, Kazan, Russia;⁴ Republican Center of Occupational Pathology of the Ministry of Health of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia

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

Abstract

In today's Russian healthcare, the problem of saving labor and financial resources is quite urgent. One of the promising management principles is lean manufacturing, which is aimed at reducing costs while improving the efficiency and quality of medical services. There are works testifying to the positive results of the use of lean technologies in the healthcare systems of different countries. In recent years, a new model of a medical organization providing primary health care using lean manufacturing methods has also been implemented in Russia. The purpose of the study was to assess the possibility of using the principles of lean manufacturing in the development of occupational pathology services (based on the Republic of Tatarstan). Research material: data from the Department of Rospotrebnadzor of the Republic of Tatarstan, the register of occupational Diseases of the Republican Center of Occupational Pathology, primary documentation of patients with occupational pathology. Research methods: statistical, lean technology method (value stream mapping).

Results. The article analyzes the main aspects of the interaction between patient, doctors, and the nursing staff, and determines the algorithm of actions of the medical staff / patient in the flow of actions for the examination of the connection of the disease with the profession. The authors identifies bottlenecks and losses in the workflow during the provision of occupational pathology care as well as determines ways of solving the implementation of the necessary actions for the transition to the target state. Conclusion: the provision of primary health care in occupational pathology is accompanied by certain losses. The use of lean technology methods will optimize the logistics of patient movement during the examination of the connection of the disease with the profession and the examination of professional suitability. The analysis of the flow problem made it possible to identify solutions and develop a step-by-step plan for implementing the necessary actions to move to the target state.

Keywords: lean manufacturing, occupational pathology care, occupational morbidity, periodic medical examinations.

Введение

Анализ зарубежных публикаций позволяет полагать, что бережливые принципы производства (lean – технологии) были успешно адаптированы в сфере здравоохранения многих стран. Целый ряд научных работ, посвящен вопросу применения методологии Lean в системах здравоохранения [1], [2], [4], [5]. Внедрение в практическую медицину принципов «Бережливого производства» вызывает необходимость применения технологий, позволяющих выявлять потери в организации медицинской помощи в процессе предоставления медицинских услуг и устранять выявленные недостатки [6], [7], [8], [9].

Цель исследования - оценка возможности использования принципов бережливого производства в развитии профпатологической службы (на примере Республики Татарстан).

Материалы и методы исследования. Анализ деятельности по оказанию специализированной профпатологической помощи населению проведен по материалам регистра центра профпатологии (ЦПП) Министерства Здравоохранения (МЗ) Республики Татарстан (РТ), медицинской документации больных. Методы исследования: ретроспективный анализ случаев профессиональных заболеваний по данным Управления Роспотребнадзора по РТ и регистра больных республиканского центра профпатологии за 2015–2019 гг, метод бережливых технологий (картирование потока создания ценности) - графическая визуализация процесса на базе текущей ситуации путем построения схемы всех связей, показывающая взаимоотношения между всеми участниками в процессе, каждую операцию и связанные с ней элементы.

При изучении возможности улучшения качества оказания специализированной профпатологической помощи была использована диаграмма Исикавы («рыбий скелет», «причина-результат»). Причинно-следственная диаграмма демонстрирует отношения между проблемой и ее возможными причинами. Изучаемая проблема на схеме условно изображается в виде «головы рыбьего скелета», «хребет» - прямой горизонтальной стрелки, «кости» - причины – наклонных стрелок. Задавая вопросы «Почему?» и «Что?» возможно дойти до первопричины, породившей проблему.

Результаты

Республиканский центр профпатологии МЗ РТ является специализированным учреждением на территории республики, имеющим право устанавливать связь заболевания с профессией, решать экспертные вопросы, связанные с профессиональными заболеваниями (ПЗ), а также в сложных случаях направлять медицинские документы в Федеральный центр профпатологии МЗ Российской Федерации. Центр профпатологии был организован в 1989 году, имеет круглосуточный стационар на 45 коек, стационар дневного пребывания на 15 коек, кабинеты амбулаторного и консультативного приема, отделение профилактических медосмотров.

На 01.01.2020 г. в ЦПП МЗ РТ количество накопленных случаев ПЗ составило 7644, число лиц, находящихся под наблюдением с установленными профзаболеваниями, 5417 человек, при этом стационарную помощь получают 1700-1900 человек в год. В структуре накопленных случаев профессиональных заболеваний ведущее место составили заболевания, обусловленные воздействием производственных физических факторов – 58,0%, далее следуют заболевания от воздействия химических факторов – 25,4%, на третьем месте - заболевания, связанные с физическими перегрузками и функциональным перенапряжением отдельных органов и систем – 14,5%

Профессиональная заболеваемость на протяжении последних 5 лет в Республике Татарстан сохраняется в пределах 1,32-1,85 случаев на 10000 работающих (таблица 1).

Таблица 1 – Показатели профессиональной заболеваемости в Российской Федерации и Республике Татарстан за 2015-2019гг. (на 10000 работников)

Показатель	2015	2016	2017	2018	2019
РФ	1,65	1,47	1,31	1,17	1,03
РТ	1,81	1,32	1,85	1,6	1,5

По данным Республиканского центра профпатологии на протяжении последних пяти лет чаще диагностировались ПЗ от воздействия физических факторов, составившие в 2019г. 61,6% (таблица 2). Второе ранговое место занимают ПЗ органов дыхания (23,2%), третье – ПЗ периферической нервной системы и опорно-двигательного аппарата (13,7%). Прочие ПЗ составили 1,58%.

Таблица 2 – Структура случаев профессиональных заболеваний в Республике Татарстан (данные республиканского центра профпатологии)

Год диагностики	ПЗ органов дыхания		ПЗ от физических факторов		ПЗ от перенапряжения		Прочие ПЗ		Итого
	абс	%	абс	%	абс	%	абс	%	
2015	68	29,3	110	47,4	48	20,7	6	2,6	232
2016	48	25	106	55,2	32	16,7	6	3,1	192
2017	76	29,6	138	53,7	38	14,8	5	1,95	257
2018	61	29,5	109	52,6	35	16,9	2	0,97	207
2019	44	23,2	117	61,6	26	13,7	3	1,58	190

Нами проведен анализ работы ЦПП и медицинских организаций республики на всех этапах оказания профпатологической помощи. Картирование потока состоит из нескольких этапов с графическим отображением

процесса предоставления услуг с использованием входов, выходов и результатов. По ходу деятельности проводится анализ проблемы потока, определяются пути их решения, и разрабатывается пошаговый план реализации необходимых действий для перехода к целевому состоянию. Картирование лечебно-диагностических и экспертных процессов в ЦПП МЗ РТ представлено на рисунке 1.

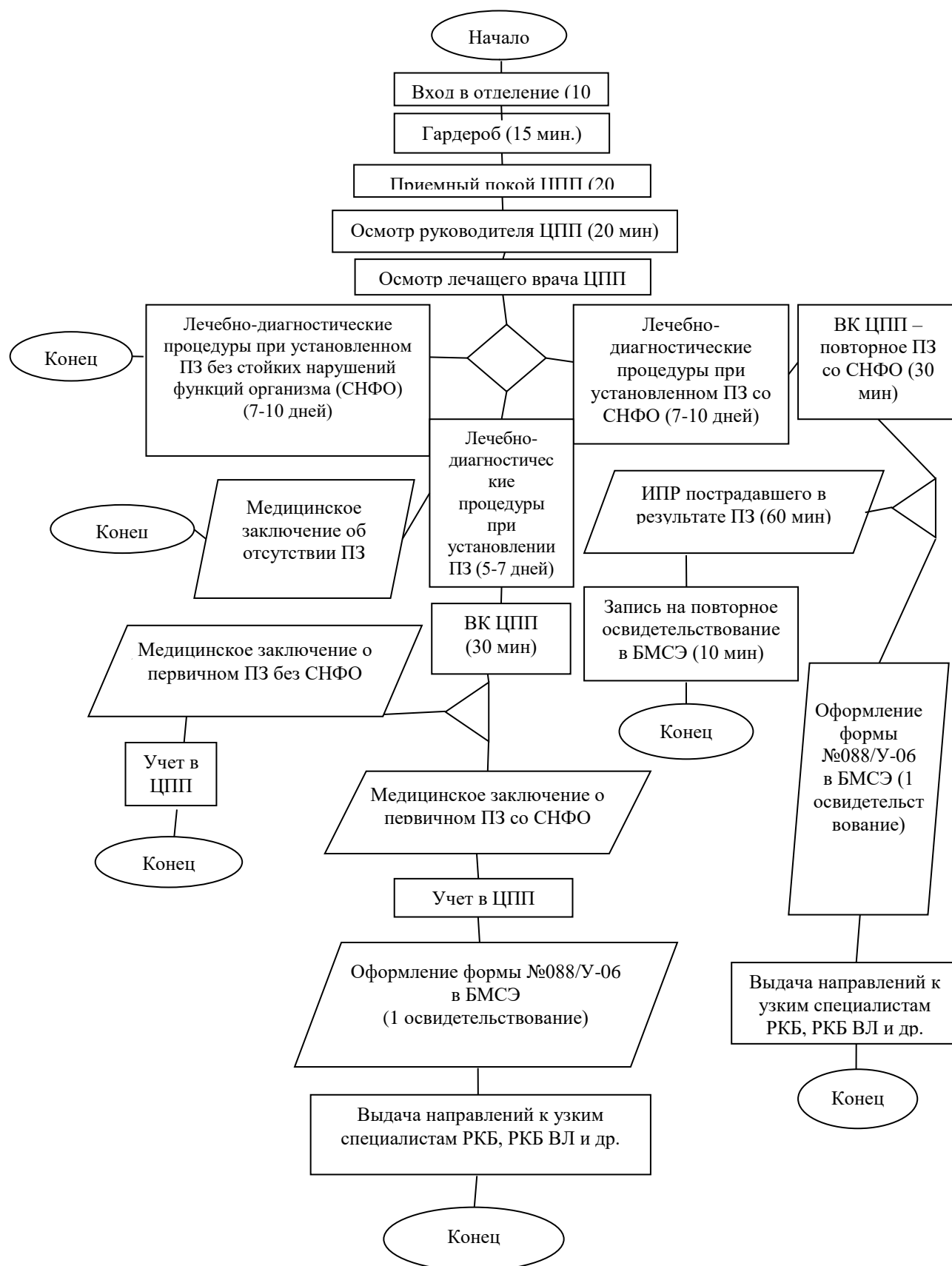


Рис. 1 – Картирование процессов в центре профпатологии

Результаты

Анализ проблемы потока создания ценности в ЦПП позволил выявить излишнее время ожидания пациента, загруженность персонала, отсутствие обратной связи и преемственности с медицинскими организациями. В дополнение

к имеющейся нагрузке специалисты ЦПП заполняют направление на медико-социальную экспертизу (форма №088/У-06). Сроки оформления могут составлять от нескольких дней до нескольких месяцев.

Диаграмма Исикавы рассмотрена на примере анализа причин низкого качества специализированной профпатологической помощи (рисунок 2). В представленной диаграмме были выделены причины первого порядка: неорганизованность пациента, длительная экспертная работа, длительный срок получения документов для экспертизы связи заболевания с профессией, низкая выявляемость ПЗ на этапах оказания первичной медико-санитарной помощи по профпатологии в амбулаторных условиях.

Причинами второго порядка у пациентов явились сезонные колебания госпитализации, обращение без записи, явка без документов, неявка по записи в ЦПП. Возрастание сроков экспертной работы было связано с недостаточным объемом информации в медицинских документах, увеличение срока обследования в связи с неполадкой медицинского оборудования и аппаратуры, отсутствием узких специалистов.

Длительный срок получения документов для экспертизы связи заболевания с профессией обусловлен с несоблюдением сроков направления пациентов ЦПП, сроков получения санитарно-гигиенической характеристики (СГХ) условий труда работника, отсутствием преемственности данных в медицинской карте амбулаторного больного и карте предварительного и периодического медицинского осмотров (ПМО), наличием очереди на получение заключения специалистов по профилю ПЗ.

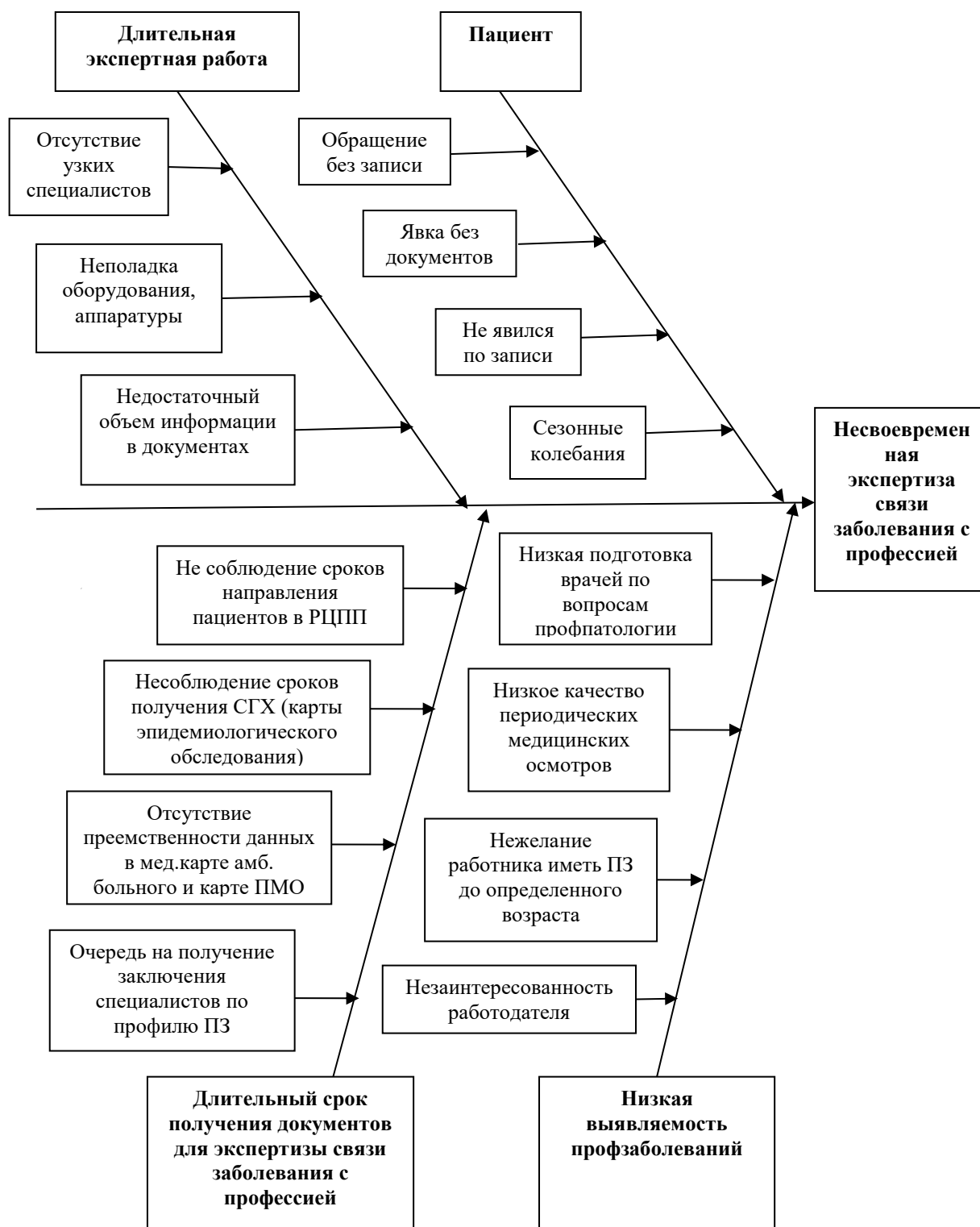


Рис. 2 – Диаграмма Исикавы на примере анализа причин несвоевременной экспертизы связи заболевания с профессией

Выделены основания низкой выявляемости профзаболеваний: низкая подготовка врачей по вопросам профпатологии, неудовлетворительное качество периодических медицинских осмотров, нежелание работника иметь ПЗ до определенного возраста, незаинтересованность работодателя.

В последние годы актуальна проблема составления специалистами Роспотребнадзора СГХ условий труда работника, основного документа, позволяющего решать вопрос о связи заболеваний с профессией. Наиболее значимы длительные сроки написания СГХ и предоставления в медицинскую организацию, направившую извещение об установлении предварительного диагноза ПЗ. Имеют место случаи составления СГХ с неполным объемом информации на работников, часто сменяющих место работы; работников предприятий, не проводивших специальную оценку условий труда, а также, ликвидированных к моменту выявления подозрения на ПЗ. Вследствие недостаточности сведений в СГХ, возникает необходимость получения дополнений, что увеличивает срок экспертизы связи заболевания с профессией.

По данным Управления Роспотребнадзора по РТ основная доля ПЗ выявляется при прохождении работниками периодических медицинских осмотров (ПМО): так, в 2019 году этот показатель составил 77,49% (таблица 3). Остается

значимым уровень выявляемости профзаболеваний при активном обращении больных за медицинской помощью – 22,51%. Нередко это связано с отсутствием ПМО по вине работодателей. В результате имеет место поздняя диагностика ПЗ на более тяжелых стадиях, зачастую с утратой профессиональной трудоспособности: за последние 5 лет отмечается рост удельного веса впервые установленных ПЗ с утратой профессиональной трудоспособности - с 11,6 % в 2015г. до 35% в 2016г., 27,0% в 2017г. до 45,4% в 2018г. и 44,37% в 2019 г. (табл. 3). Данное обстоятельство связано, прежде всего, с несвоевременным направлением работников с начальными признаками ПЗ в Республиканский центр профпатологии и отсутствием в медицинских документах полной информации, необходимой для связи заболевания с профессией.

Таблица 3 – Отдельные показатели профессиональной заболеваемости по Республике Татарстан за 2015-2019 гг. (по данным Управления Роспотребнадзора по РТ и республиканского центра профпатологии МЗ РТ)

Наименование показателя	2015г.	2016г.	2017г.	2018г.	2019г.
Удельный вес лиц с утратой профессиональной трудоспособности (%)	11,6	35	27,0	45,4	44,37
Удельный вес профзаболеваний, выявленных по результатам периодических медосмотров (%)	83,7	77	87	75,23	77,49

Проведение обязательных предварительных и ПМО в отношении отдельных категорий работников закреплено трудовым законодательством. Медицинские осмотры проводятся медицинскими организациями любой организационно-правовой формы, имеющими право на их проведение. Ежегодно ПМО в РТ проходят около 300 тысяч работников (2016г. – 311 328, 2017г. – 311 540, 2018 – 294 927 чел., в 2019г. - 297313). В среднем охват ПМО составляет 97-98% [10]. При выборе медицинской организаций для работодателя являются приоритетными такие критерии, как низкая цена, сокращенные сроки обследования, удобное время работы, отсутствие очередей. Не все государственные и муниципальные учреждения здравоохранения имеют адекватную конкурентоспособность. Отмечается низкое качество профилактических осмотров, обусловленное недостатком подготовленных по профпатологии кадров в амбулаторно-поликлиническом звене на уровне оказания первичной медико-санитарной помощи. Обращает на себя внимание небольшой удельный вес работников, нуждающихся в обследовании в центре профпатологии, составляющий 0,035% в 2019г., 0,05% в 2018, 0,08% в 2017 г. и 0,04% в 2016 г. В 2019 г. в ходе ПМО не выявлено ни одного подозрения на ПЗ в 28 муниципальных образованиях РТ (2016 г. – 21, 2017 г. – 22, 2018 – 30). В 28 муниципальных районах республики в течение последних 3 лет не выявлено ни одного случая ПЗ.

Заключение

Оказание профпатологической помощи сопровождается определенными потерями. Для их уменьшения возможно использование методов бережливых технологий: картирование потока, защита от ошибок, визуализация. Проведенный анализ проблемы потока позволил определить пути решения и разработать пошаговый план реализации необходимых действий для перехода к целевому состоянию.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Kanamori S. Impact of the Japanese 5S management method on patients' and caretakers' satisfaction: a quasi-experimental study in Senegal / S. Kanamori, M.C. Castro, S. Sow et al. // Global Health Action. – 2016. - Vol.9(1). - P. 1-14. DOI: 10.3402/gha.v9.32852
2. Hung D.Y. Scaling Lean in primary care: impacts on system performance / D.Y. Hung, M.I. Harrison, M.C. Martinez, H.S. Luft // Am J Manag Care. – 2017. - Vol.23(3). – P. 161–168.
3. Rotter T. What is Lean management in healthcare? Development of an operational definition for a Cochrane systematic review / T. Rotter, C. Plishka, L. Adegboyega et al. // Evaluation and the Health Professions. – 2019. - Vol. 42(3). – P. 366-390. DOI: 10.1177/0163278718756992
4. D'Andreanmatteo A. Lean in healthcare: A comprehensive review / A. D'Andreanmatteo, L. Ianni, F. Lega, M. Sargiacomo // Health Policy. - 2015; Vol. 119(9). – P. 1197–1209. doi: 10.1016/j.healthpol.2015.02.002
5. Bhamu, J. Lean manufacturing: literature review and research issues / J. Bhamu, K.S. Sangwan // International Journal of Operations & Production Management. – 2014. - Vol. 34(7). – P. 876–940. doi: 10.1108/IJOPM-08-2012-0315
6. Протасова Л.М. Опыт внедрения технологий бережливого производства в здравоохранении: обзор лучших практик / Л.М. Протасова, В.Н. Масунов, В.А. Бойков и др. // Социальные аспекты здоровья населения [сетевое издание]. - 2019; Т. 65(4). DOI: 10.21045/2071-5021-2019-65-4-1
7. Сабитова М. М. Возможности использования бережливых технологий в профпатологической службе Республики Татарстан / М. М. Сабитова, З. М. Берхеева // Медицина труда и промышленная экология. – 2019. – Т. 59. – № 9. – С. 739-740.
8. Сененко А.Ш. Технологии бережливого производства в реформировании медицинских организаций, оказывающих ПМСП. Аналитический обзор / А.Ш. Сененко, И.М. Сон, Н.А. Дзюба и др. // Социальные аспекты здоровья населения [сетевое издание]. - 2020. - Т.66(4). DOI: 10.21045/2071-5021-2020-66-4-6
9. Федеральный проект «бережливая поликлиника». Применение методов бережливого производства в медицинских организациях. Открытие проектов по улучшениям. Методические рекомендации // [Электронный ресурс]. - URL: <https://docs.cntd.ru/document/561183958> (дата обращения: 12.02.2022)

10. Фадеев Г.А. Роль периодических медицинских осмотров в профилактике профессиональных и соматических заболеваний / Г.А. Фадеев, Р.В. Гарипова, Е.В. Архипов и др. // Вестник современной клинической медицины. – 2019. – том 12, выпуск 4. – С. 99-105. doi: 10.20969/VSKM.2019.12(4).99-105

Список литературы на английском языке / References in English

1. Kanamori S. Impact of the Japanese 5S management method on patients' and caretakers' satisfaction: a quasi-experimental study in Senegal / S. Kanamori, M.C. Castro, S. Sow et al. // Global Health Action. – 2016. - Vol.9(1). - P. 1-14. DOI: 10.3402/gha.v9.32852

2. Hung D.Y. Scaling Lean in primary care: impacts on system performance / D.Y. Hung, M.I. Harrison, M.C. Martinez, H.S. Luft // Am J Manag Care. – 2017. - Vol.23(3). – P. 161–168.

3. Rotter T. What is Lean management in healthcare? Development of an operational definition for a Cochrane systematic review / T. Rotter, C. Plishka, L. Adegboyega et al. // Evaluation and the Health Professions. – 2019. - Vol. 42(3). – P. 366-390. DOI: 10.1177/0163278718756992

4. D'Andreanmatteo A. Lean in healthcare: A comprehensive review / A. D'Andreanmatteo, L. Ianni, F. Lega, M. Sargiacomo // Health Policy. - 2015; Vol. 119(9). – P. 1197–1209. DOI: 10.1016/j.healthpol.2015.02.002

5. Bhamu, J. Lean manufacturing: literature review and research issues / J. Bhamu, K.S. Sangwan // International Journal of Operations & Production Management. – 2014. - Vol. 34(7). – P. 876–940. DOI: 10.1108/IJOPM-08-2012-0315

6. Protasova L.M. Opyt vnedreniya tekhnologij berezhlivogo proizvodstva v zdavooohranenii: obzor luchshih praktik [Experience in introducing lean manufacturing into health care: overview of best practices] / L.M. Protasova, V.N. Masunov, V.A. Boykov et al. // Social'nye aspekty zdorov'ya naseleniya [Social aspects of population health]. – 2019. - Vol. 65(4). DOI: 10.21045/2071-5021-2019-65-4-1 [in Russian]

7. Sabitova M. M. Vozmozhnosti ispol'zovaniya berezhlivyh tekhnologij v profpatologicheskoy sluzhbe Respubliki Tatarstan [Possibilities of using lean technologies in the occupational pathology service of the Republic of Tatarstan] / M.M. Sabitova, Z.M. Berkheeva // Medicina truda i promyshlennaya ekologiya [Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology]. - 2019. - Vol. 59(9). – P. 739-740 [in Russian]

8. Senenko A.Sh. Tekhnologii berezhlivogo proizvodstva v reformirovanii medicinskih organizacij, okazyvayushchih PMSP. Analiticheskij obzor [Lean production technologies in reforming medical organizations providing PHC. Analytical review] / A.Sh. Senenko, I.M. Son, N.A. Dzyuba et al. // Social'nye aspekty zdorov'ya naseleniya [Social aspects of public health [online edition]]. – 2020. - Vol. 66(4). DOI: 10.21045/2071-5021-2020-66-4-6 [in Russian]

9. Federal'nyj proekt «berezhlivaya poliklinika». Primenenie metodov berezhlivogo proizvodstva v medicinskih organizacijah. Otkrytie proektov po uluchsheniyam. Metodicheskie rekomendacii [Federal project "lean polyclinic". Application of lean manufacturing methods in medical organizations. Opening improvement projects. Guidelines] // [Electronic resource]. - URL: <https://docs.cntd.ru/document/561183958> (accessed: 12.02.2022) [in Russian]

10. Fadeev G.A. Rol' periodicheskikh medicinskih osmotrov v profilaktike professional'nyh i somaticheskikh zabolevanij [The role of periodic medical examinations in the prevention of occupational and somatic diseases] / G.A. Fadeev, R.V. Garipova, E.V. Arkhipov et al. // Vestnik sovremennoj klinicheskoy mediciny [The Bulletin of Contemporary Clinical Medicine.]. – 2019. – 12 (4). – P. 99-105. DOI: 10.20969/VSKM.2019.12(4).99-10 [in Russian].

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.118.4.085>**СТРУКТУРА И ДИНАМИКА ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ ОРГАНОВ ПИЩЕВАРЕНИЯ СРЕДИ ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ В АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ**

Научная статья

Сагитова Г.Р.¹, Антонова А.А.^{2,*}, Елисеев Ф.И.³, Абакарова М.А.⁴, Умалатова А.Ф.⁵, Макарова В.В.⁶, Пасаева Л.М.⁷¹ ORCID: 0000-0002-8377-6212;² ORCID: 0000-0003-2581-0408;⁴ ORCID: 0000-0001-8736-359X;⁵ ORCID: 0000-0002-1396-1017;⁶ ORCID: 0000-0003-0746-8282;⁷ ORCID: 0000-0003-4703-469X;^{1, 2, 4, 5, 6, 7} Астраханский государственный медицинский университет, Астрахань, Россия;³ Областная детская клиническая больница имени Н.Н. Силищевой, Астрахань, Россия

* Корреспондирующий автор (fduecn-2010[at]mail.ru)

Аннотация

В России отмечается тенденция к росту числа хронических заболеваний среди детской популяции. Проведено исследование динамики и структуры заболеваемости органов пищеварения на базе отделения гастроэнтерологии ГБУЗ АО ОДКБ «им. Н.Н. Силищевой» за период с 2017 по 2019 гг. По результатам исследования три лидирующих позиции в структуре заболеваемости занимают гастродуодениты, эрозивно-язвенные поражения желудочно-кишечного тракта и функциональные расстройства. Отмечается отрицательная динамика, характеризующаяся увеличением количества детей с страдающими гастродуоденитом и эрозивно-язвенным поражением желудочно-кишечного тракта.

Ключевые слова: детская популяция, заболеваемость органов пищеварения, динамика.

STRUCTURE AND DYNAMICS OF THE INCIDENCE OF DIGESTIVE ORGANS AMONG CHILDREN AND ADOLESCENTS IN ASTRAKHAN OBLAST

Research article

Sagitova G.R.¹, Antonova A.A.^{2,*}, Eliseev F.I.³, Abakarova M.A.⁴, Umalatova A.F.⁵, Makarova V.V.⁶, Pasaeva L.M.⁷¹ ORCID: 0000-0002-8377-6212;² ORCID: 0000-0003-2581-0408;⁴ ORCID: 0000-0001-8736-359X;⁵ ORCID: 0000-0002-1396-1017;⁶ ORCID: 0000-0003-0746-8282;⁷ ORCID: 0000-0003-4703-469X;^{1, 2, 4, 5, 6, 7} Astrakhan State Medical University, Astrakhan, Russia;³ Regional Children's Clinical Hospital named after N. N. Silishcheva, Astrakhan, Russia

* Corresponding author (fduecn-2010[at]mail.ru)

Abstract

In Russia, there is an increasing trend in the number of chronic diseases among the child population. A study of the dynamics and structure of the morbidity of the digestive organs was conducted in the gastroenterology department of the Regional Children's Clinical Hospital named after N. N. Silishcheva for the period from 2017 to 2019. According to the results of the study, three leading positions in the structure of morbidity are occupied by gastroduodenitis, erosive and ulcerative lesions of the gastrointestinal tract and functional disorders. There is a negative trend characterized by an increase in the number of children with gastroduodenitis and erosive ulcerative lesions of the gastrointestinal tract.

Keywords: children's population, morbidity of digestive organs, dynamics.

Актуальность

Во всем мире ежегодно увеличивается количество детей, страдающих заболеваниями органов желудочно-кишечного тракта и гепатобилиарной системы [1], [2], [3], [5].

В современных условиях определены факторы риска болезней органов пищеварения: нарушение режима труда, отдыха, стрессовые ситуации в семье и в образовательном учреждении, учебные, психоэмоциональные и физические нагрузки, низкая материальная обеспеченность семьи, несбалансированное питание, гиподинамия, очаги хронической инфекции, генетическая предрасположенность, употребление алкогольсодержащих напитков, курение, отсутствие мотивации вести здоровый образ жизни в семье. Неблагоприятная экологическая обстановка (низкое качество воды, содержание нитратов и пестицидов в овощах, антибиотиков в мясных продуктах) усугубляет наследственную предрасположенность, что приводит к частому возникновению заболеваний органов пищеварения. Все это приводит к срыву процессов адаптации и развитию ряда заболеваний, либо к обострению уже имеющихся патологических процессов [6], [7], [8], [10].

Неуклонная тенденция роста численности гастроэнтерологических больных, диктует необходимость изучения частоты заболеваний органов пищеварения у детей и подростков, а также поиск оптимальных практических рекомендаций по снижению рисков развития патологии желудочно-кишечного тракта.

Цель исследования: анализ структуры и динамики заболеваемости органов пищеварения у детей и подростков.

Материалы и принципы исследования

Исследование проводилось в отделении гастроэнтерологии ГБУЗ АО ОДКБ «им. Н.Н. Силищевой». Материалы для изучения заболеваемости органов пищеварения послужили отчеты медицинской организации за 2017-2019 гг. С 2020 г. во время пандемии COVID-19 гастроэнтерологическое отделение было перепрофилировано под госпиталь для приема инфекционных больных.

Статистическая обработка материала осуществлялась с помощью пакета программ «Statistica» и Microsoft Excel. Проверка распределения проводилась с помощью критерия Колмогорова – Смирнова (так как объем выборки (n) – более 50), распределение является нормальным при достигнутом уровне значимости (p) больше, чем 0,05. Для сравнения средних значений в двух независимых группах, в случае, если данные в обеих группах подчинялись закону нормального распределения, использовался непарный критерий Стьюдента. Если распределение данных было асимметричным, то для сравнения средних значений использовался непараметрический критерий - Манна - Уитни. Пороговое значение достигнутого уровня значимости p было принято равным 0,05 [9].

Результаты и обсуждение

Возрастная структура обследуемых, страдающих патологией органов пищеварения представлена на рисунке 1.

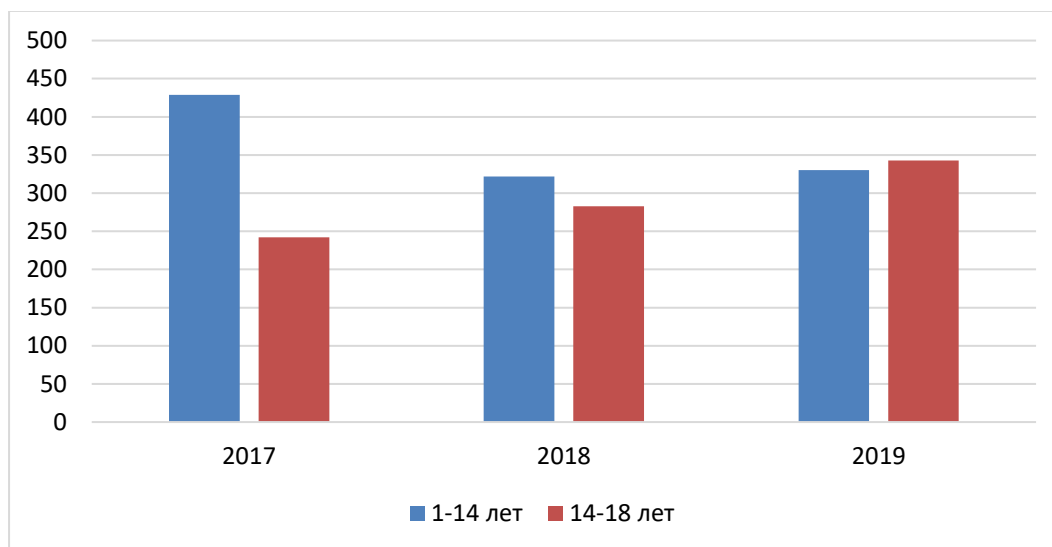


Рис. 1 – Возрастная структура пациентов

Анализируя данные гистограммы, видно, что в 2017-2018 гг. преобладают респонденты в возрасте от 1 до 14 лет, в 2019 г. в равном соотношении.

В отделении гастроэнтерологии медицинскую помощь получают не только пациенты, поступившие из г. Астрахани и сельских районов, но и иногородние дети. Количество детей, пролеченных в отделении за 2019 году составило: г. Астрахань – 52,1%, сельские районы – 47,0% и иногородние дети – 0,9%.

В 2018 году в сравнении с 2017 году было выявлено меньше заболеваний в 1,1 раза, на 66 случаев. В сравнении с 2019 году было выявлено больше заболеваний в 1,0 раза, или на 68 случаев.

В структуре патологии органов пищеварения лидирующее место занимали гастродуодениты и эрозивно-язвенные поражения желудочно-кишечного тракта (таблица 1).

Таблица 1 – Возрастная структура и нозологические формы патологии органов пищеварения

Нозологическая форма	Возрастные группы							
	1-14 лет				14-18 лет			
	2017	2018	2019	Уровень значимости различий*	2017	2018	2019	Уровень значимости различий*
	абс.	абс.	абс.		абс.	абс.	абс.	
Функциональные расстройства желудка (ФРЖ)	68	37	30	0,036	0	2	2	-
Хронический гастродуоденит	249	198	212	0,3	178	211	229	0,4
Хронический гастрит поверхностный	29	14	5	0,004	6	0	7	0,2
Хронический гастрит гипертрофический	1	1	0	-	1	1	1	-
Хронический дуоденит	1	1	0	-	0	0	1	-
Язва пищевода	1	0	1	-	1	0	2	-
Язва желудка острая	14	16	23	0,043	17	19	33	0,42

Окончание таблицы 1 – Возрастная структура и нозологические формы патологии органов пищеварения

Нозологическая форма	Возрастные группы							
	1-14 лет				14-18 лет			
	2017	2018	2019	Уровень значимости различий*	2017	2018	2019	Уровень значимости различий*
Язва желудка хроническая	0	0	0	-	0	0	2	-
Язва ДПК острая	7	24	32	0,046	5	15	30	0,032
Язва ДПК хроническая	27	15	14	0,61	27	26	28	0,6
ГЭРБ	1	0	0	-	0	1	1	-
Портальная гипертензия	0	0	0	-	0	0	1	-
Желчекаменная болезнь	1	0	0	-	1	0	0	-
Целиакия	2	0	0	-	0	0	0	-
СРК	9	3	1	0,002	2	2	1	-
НЯК	3	0	1	0,6	1	2	1	-
Гликогеновая болезнь	1	0	0	-	0	0	0	-
Цирроз печени	4	2	0	0,2	1	0	1	-
Хронический гепатит	4	3	3	0,5	0	3	1	-
Другие нозологические формы	7	1	8	0,51	2	1	2	-
Всего	429	322	330	-	242	283	343	-

Примечание: * - при сравнении показателей 2017 и 2019 гг.

На протяжении всего анализируемого периода первое ранговое место занимают гастродуодениты (2017 год – 63,6%, 2018 год – 67,6%, 2019 год – 65,5%), второе место – эрозивно-язвенные поражения желудочно-кишечного тракта (2017 год – 14,8%, 2018 год – 19%, 2019 год – 24,2%) и третье место – функциональные расстройства (2017 год – 10,1%, 2018 год – 6,4%, 2019 год – 4,8%). Количество детей (1-14 лет) страдающих болезнями гастродуоденитом и функциональными расстройствами была выше, чем среди подростков в возрасте 14-18 лет. Эрозивно-язвенные поражения желудочно-кишечного тракта преобладали у подростков (14-18 лет) по сравнению с детьми в возрасте 1-14 лет.

Однако отмечается рост случаев заболеваемости в 2019 г. эрозивно-язвенных поражений желудочно-кишечного тракта при сравнении с 2017г ($p \leq 0,05$). И напротив в 2019 г. отмечается снижение распространенности ФРЖ по сравнению с 2017 годом ($p \leq 0,05$). По остальным нозологиям заболеваемости органов пищеварения без существенной динамики.

Питание, как фактор, воздействующий на состояние здоровья человека, играет важную роль в процессе формирования патологии органов пищеварения, именно поэтому строгое соблюдение правил рациона, режима питания независимо от условий и обучения, являются неотъемлемой частью в профилактической работе педиатра.

В питание детей школьного возраста преобладают нарушения режима питания: нерегулярное, несбалансированное питание, еда всухомытку, длительные перерывы между приемами пищи, избыточная калорийность вечером, прием пищи меньше, чем за два часа до сна.

С целью выяснения особенностей питания школьников было проведено анкетирование 101 учащихся в возрасте от 7 до 11 лет. Регулярно, в одно и тоже время, употребляют пищу 73,3% (73) учащихся. Только 61,4% (62) школьников получали жидкие горячие блюда в день. Более половины респондентов питаются три раза в день и чаще. Промежутки времени между приемами пищи составляет более шести часов у 0,7% (31) учащихся. У 4,9% респондентов основной прием приходится на вечернее время. Один раз в неделю 6,9% (7) школьников потребляли мясо и мясoproductы. По популярности употребляют чаще мясо курицы. Одна четверть респондентов не употребляют в пищу рыбу. Мало в питании детей встречаются овощи и фрукты. В основном в рационе картофель, капуста, огурцы, из фруктов: яблоки, мандарины, бананы. Хлеб предпочитают пшеничный. Часто встречаются мучные изделия (пирожки, булочки, кексы и т.д.). Это свидетельствует о недостаточном поступлении белков, витаминов и минеральных веществ в организме ребенка. Употребляют «фаст-фуд» два раза в неделю 10,9% школьников. Исследование проблем питания младших школьников показало нерегулярное, несбалансированное питание, что создает риск развития функциональных нарушений и патологии органов пищеварения.

Выводы

По результатам исследования три лидирующих позиции в структуре заболеваемости занимают гастродуодениты, эрозивно-язвенные поражения желудочно-кишечного тракта и функциональные расстройства. Отмечается отрицательная динамика, характеризующаяся увеличением количества детей с страдающими гастродуоденитом и эрозивно-язвенным поражением желудочно-кишечного тракта.

Заключение

Приоритетными направлениями в снижении патологии органов пищеварения среди детской популяции являются: непрерывное наблюдение за детьми и подростками, формирование у них мотиваций на здоровый образ жизни, своевременная диагностика, лечение и предупреждение хронизации заболеваний, разработка и внедрение новых технологий в реабилитации детского населения с патологией органов пищеварения.

Также необходимо совместное участие педиатров, гастроэнтерологов, гигиенистов, микробиологов и других специалистов в разработке и внедрение медико-социальных программ, направленных на формирование здорового образа жизни среди населения, с обязательным обучением и повышением квалификации учителей общеобразовательных учреждений.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Запруднов А. М. Современные особенности подростковой гастроэнтерологии / А. М. Запруднов, К. И. Григорьев // Педиатрия. Журнал им. Г. Н. Сперанского. – 2011. – Т. 90 - № 2. – С. 6-13.
2. Лазарева Л. А. Анализ заболеваемости детей и подростков болезнями органов пищеварения / Л. А. Лазарева, Е. В. Гордеева // Международный научно-исследовательский журнал. – 2017. – № 01(55). – Часть 1. – С. 133-135.
3. Лазарева Л. А. Анализ заболеваемости детского населения с патологией органов желудочно-кишечного тракта / Л. А. Лазарева, Е. В. Гордеева // Эксперт года 2017: сборник статей Международного научно-практического конкурса. – Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». – 2017. – С. 88-90.
4. Казакова М. А. Особенности микрoэкологических нарушений органов гастродуоденальной области и гепатобилиарной системы у детей / М. А. Казакова // Вестник современной клинической медицины. – 2017. – Т. 10. – № 6. – С. 15-20.
5. Каратаева Л. А. Факторы риска развития гастродуоденальной патологии у детей школьного возраста / Л. А. Каратаева, Ш. Ш. Иноятова, Г. К. Кошимбетова // International scientific review. – 2016. – № 2(12). – С. 271-273.
6. Курникова И. А. К проблеме влияния дисплазии соединительной ткани на риск развития патологии желудочно-кишечного тракта у больных сахарным диабетом / И. А. Курникова, Г. И. Климентьева, И. С. Маслова // Сибирский медицинский журнал. – 2011. – Т. 26. – № 3. – С. 71-74.
7. Иванова О. Н. Гастриты у детей республики Саха (Якутия) / О. Н. Иванова // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 4-2. – С. 302-302.
8. Встречаемость и распространенность заболеваний желудочно-кишечного тракта у детей и подростков оздоравливающихся в санатории «Ласточка» / Н. М. Попова, А. В. Попов, Л. Ф. Хафизова и др. // Журнал Авиценна. – 2018. – № 18. – С. 88-90.
9. Унгуряну Т. Н. Краткие рекомендации по описанию, статистическому анализу и представлению данных в научных публикациях / Т. Н. Унгуряну, А. М. Гржибовский // Экология человека. – 2011. – № 5. – С. 55-60.
10. Ронжин И. В. Заболевания желудочно-кишечного тракта / И. В. Ронжин, Е. А. Пономарева // Новые задачи современной медицины: материалы IV Междунар. науч. конф. (г. Санкт-Петербург, декабрь 2016 г.). — Санкт-Петербург: Свое издательство, 2016. — С. 51-53.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Zaprudnov A. M. Sovremennyye osobennosti podrostkovoy gastroenterologii [Modern features of adolescent gastroenterology] / A. M. Zaprudnov, K. I. Grigor'ev // Pediatriya. Zhurnal im. G.N. Speranskogo [Pediatrics. Journal them. G.N. Speransky]. – 2011. – Vol. 90 - № 2. – P. 6-13. [in Russian].
2. Lazareva L. A. Analiz zabolevaemosti detey i podrostkov boleznyami organov pishchevareniya [Analysis of the incidence of diseases of the digestive system in children and adolescents] / L. A. Lazareva, E. V. Gordeeva // Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal [International Research Journal]. – 2017. – № 01(55). – Part 1. – P. 133-135.
3. Lazareva L. A. Analiz zabolevaemosti detskogo naseleniya s patologiyey organov zheludochno-kishechnogo trakta [Analysis of the incidence of children's population with pathology of the gastrointestinal tract] / L. A. Lazareva, E. V. Gordeeva // Ekspert goda 2017: sbornik statey Mezhdunarodnogo nauchno-prakticheskogo konkursa. – Penza: MTsNS «Nauka i Prosveshchenie» [Expert of the Year 2017: collection of articles of the International Scientific and Practical Competition. – Penza: ICNS "Science and Education"]. – 2017. – P. 88-90. [in Russian].
4. Kazakova M. A. Osobennosti mikroekologicheskikh narusheniy organov gastroduodenal'noy oblasti i gepatobiliarnoy sistemy u detey [Features of microecological disorders of the gastroduodenal region and hepatobiliary system in children] / M.A. Kazakova / M. A. Kazakova // Vestnik sovremennoy klinicheskoy meditsiny [Bulletin of modern clinical medicine]. – 2017. – Vol. 10. – № 6. – P. 15-20. [in Russian].
5. Karataeva L. A. Faktory riska razvitiya gastroduodenal'noy patologii u detey shkol'nogo vozrasta [Risk factors for the development of gastroduodenal pathology in children of school age] / L. A. Karataeva, Sh. Sh. Inoyatova, G. K. Koshimbetova // International scientific review [International scientific review]. – 2016. – № 2(12). – P. 271-273. [in Russian].
6. Kurnikova I. A. K probleme vliyaniya displazii soedinitel'noy tkani na risk razvitiya patologii zheludochno-kishechnogo trakta u bol'nykh sakharnym diabetom [On the problem of the influence of connective tissue dysplasia on the risk of developing pathology of the gastrointestinal tract in patients with diabetes mellitus] / I. A. Kurnikova, G. I. Kliment'eva, I. S. Maslova // Sibirskiy meditsinskiy zhurnal [Siberian Medical Journal]. – 2011. – Vol. 26. – № 3. – P. 71-74. [in Russian].
7. Ivanova O. N. Gastrity u detey respubliki Sakha (Yakutiya) [Gastritis in children of the Republic of Sakha (Yakutia)] / O. N. Ivanova // Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy [International Journal of Applied and Fundamental Research]. – 2015. – № 4-2. – P. 302-302. [in Russian].

8. Vstrechaemost' i rasprostranennost' zabolevaniy zheludочно-kishechnogo trakta u detey i podrostkov ozdoravlivayushchikhsya v sanatorii «Lastochka» [The occurrence and prevalence of diseases of the gastrointestinal tract in children and adolescents recovering in the sanatorium "Lastochka"] / N. M. Popova, A. V. Popov, L. F. Khafizova et al. // Zhurnal Avitsenna [Journal of Avicenna]. – 2018. - № 18. – P. 88-90. [in Russian].
9. Unguryanu T. N. Kratkie rekomendatsii po opisaniyu, statisticheskomu analizu i predstavleniyu dannykh v nauchnykh publikatsiyakh [Brief recommendations for the description, statistical analysis and presentation of data in scientific publications] / T. N. Unguryanu, A. M. Grzhibovskiy // Ekologiya cheloveka [Human Ecology]. – 2011. - № 5. – P. 55-60. [in Russian].
10. Ronzhin I. V. Zabolevaniya zheludочно-kishechnogo trakta [Diseases of the gastrointestinal tract] / I. V. Ronzhin, E. A. Ponomareva // Novye zadachi sovremennoy meditsiny: materialy IV Mezhdunar. nauch. konf. (g. Sankt-Peterburg, dekabr' 2016 g.) [New tasks of modern medicine: materials of the IV Intern. scientific conf. (St. Petersburg, December 2016)]. — Sankt-Peterburg: Svoe Publishing house, 2016. — P. 51-53. [in Russian].

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.118.4.086>**РОЛЬ РЕМДЕСИВИРА В ЛЕЧЕНИИ ПАЦИЕНТОВ С COVID-19-АССОЦИИРОВАННЫМ
ОСТРЫМ РЕСПИРАТОРНЫМ ДИСТРЕСС-СИНДРОМОМ**

Научная статья

Светлицкая О.И.^{1,*}, Еремин С.В.², Сирош Ю.А.³, Шаранова О.А.⁴, Кенденков О.И.⁵¹ ORCID: 0000-0001-7690-0871;¹ Белорусская медицинская академия последипломного образования, Минск, Республика Беларусь;
^{2, 3, 4, 5} Городская клиническая больница скорой медицинской помощи, Минск, Республика Беларусь

* Корреспондирующий автор (goodlife[at]tut.by)

Аннотация

Проведен анализ эффективности назначения ремдесивира пациентам с COVID-19-ассоциированным острым респираторным дистресс-синдромом (ОРДС), находившимся в отделении реанимации и интенсивной терапии. Установлено, что назначение ремдесивира не оказало существенного влияния на сроки заболевания (продолжительность нахождения в стационаре) и летальность. Лучшие результаты были достигнуты у пациентов в возрасте 60,5 [50,0; 65,0] лет с объемом поражения легочной ткани 47,5 [30,0; 70,0]%. При назначении ремдесивира следует учитывать не только сроки заболевания, наличие сопутствующей патологии, но и объем поражения легочной ткани по данным компьютерной томографии органов грудной клетки.

Ключевые слова: COVID-19, острый респираторный дистресс-синдром, ОРДС, ремдесивир.**THE ROLE OF REMDESIVIR IN THE TREATMENT OF PATIENTS
WITH COVID-19-ASSOCIATED ACUTE RESPIRATORY DISTRESS SYNDROME**

Research article

Svetlitskaya O.I.^{1,*}, Eremin S.V.², Sirosh Yu.A.³, Sharanova O.A.⁴, Kendenkov O.I.⁵

ORCID: 0000-0001-7690-0871;

¹ Belarusian Medical Academy of Postgraduate Education (BelMAPE), Minsk, Republic of Belarus;
^{2, 3, 4, 5} City Clinical Hospital of Emergency Medical Care, Minsk, Republic of Belarus

* Corresponding author (goodlife[at]tut.by)

Abstract

The article features an analysis of the effectiveness of remdesivir administration in patients with COVID-19-associated acute respiratory distress syndrome (ARDS) who were placed in intensive care units. It was found that the administration of remdesivir did not significantly affect the duration of the disease (duration of stay in the hospital) and mortality. The best results were achieved in patients aged 60.5 [50.0; 65.0] years with a lung tissue lesion volume of 47.5 [30.0; 70.0]%. When prescribing remdesivir, it is necessary to take into account not only the timing of the disease and the presence of concomitant pathology but also the volume of lung tissue damage according to computed tomography of the chest organs.

Keywords: COVID-19, acute respiratory distress syndrome, ARDS, remdesivir.**Введение**

Эффективность ремдесивира у пациентов с инфекцией COVID-19 была исследована в нескольких крупных рандомизированных исследованиях [1], [2], [6], [7]. Было установлено, что назначение ремдесивира пациентам с легкой и среднетяжелой формами заболевания, не нуждающимся в респираторной поддержке, не дает каких-либо значимых клинических преимуществ к 28 дню заболевания, и его применение не рекомендуется [8]. При этом у пациентов с высоким риском развития цитокинового шторма (прогрессивное нарастание провоспалительных маркеров), выявленным на ранней стадии заболевания (≤ 10 дней), нуждающихся в дополнительной подаче кислорода, ремдесивир сокращал сроки заболевания и снижал риск прогрессирования острой дыхательной недостаточности (ОДН) [1]. Однако риски и преимущества назначения ремдесивира у пациентов с тяжелым течением инфекции COVID-19, у которых развилась одна из наиболее тяжелых форм ОДН – острый респираторный дистресс-синдром (ОРДС), в настоящее время не определены [1].

Цель исследования: оценить эффективность ремдесивира у пациентов с COVID-19-ассоциированным ОРДС, находившихся в ОРИТ.

Методы и принципы исследования

В открытом проспективном сравнительном исследовании была проанализирована эффективность ремдесивира в составе комплексной интенсивной терапии 122 пациентов с COVID-19-ассоциированным ОРДС, которые находились на лечении в отделении реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ) УЗ «Городская клиническая больница скорой медицинской помощи» г. Минска в период с ноября 2020 г. по декабрь 2021 г.

За основу критериев включения пациентов в исследование были взяты Берлинские дефиниции ОРДС [9]: двухсторонняя полисегментарная инфильтрация (матовые стекла) по данным компьютерной томограммы (КТ) органов грудной клетки (ОГК); респираторный индекс $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ (отношение парциального давления кислорода в артериальной крови – PaO_2 к концентрации кислорода в дыхательной смеси – FiO_2) ≤ 300 мм рт.ст.; необходимость проведения респираторной поддержки (высокопоточная назальная кислородотерапия, неинвазивная или инвазивная вентиляция легких – НИВЛ или ИВЛ, соответственно); отсутствие признаков кардиогенного отека легких, а также подтвержденная коронавирусная инфекция SARS-CoV-2 и наличие информированного согласия на участие в исследовании.

Критерии исключения пациентов из исследования: возраст менее 18 лет и старше 80 лет, наличие беременности.

Диагноз коронавирусной инфекции SARS-CoV-2 был подтвержден положительным тестом ПЦР, либо положительным тестом на антиген SARS-CoV-2 в назофарингеальных мазках, либо с помощью теста серологической диагностики (IgM+) при условии наличия характерной клинической и рентгенологической картины инфекции COVID-19.

Всем пациентам с COVID-19-ассоциированным ОРДС проводилась комплексная интенсивная терапия в соответствии с действующими рекомендациями Министерства здравоохранения Республики Беларусь об организации оказания медицинской помощи пациентам с инфекцией COVID-19.

Каждый пациент, поступающий в ОРИТ с COVID-19-ассоциированным ОРДС, рассматривался как потенциальный кандидат для назначения курса ремдесивира. Условием для его назначения служили: длительность заболевания не более 10 суток от начала клинических проявлений инфекции COVID-19, отсутствие противопоказаний согласно инструкции к данному лекарственному средству и наличие письменного информированного согласия пациента или его законного представителя. В результате 54 (44,3%) пациента с COVID-19-ассоциированным ОРДС (группа «Ремдесивир+») получили курс лечения ремдесивиром, который назначался в дозе 200 мг внутривенно однократно (1-й день), 100 мг внутривенно однократно (2-5-й дни). В группу «Ремдесивир-» вошли 68 пациентов, которым по объективным причинам (длительность заболевания, поражение почек и др.) ремдесивир назначен не был.

Статистическая обработка выполнялась с использованием пакета статистических программ Statistica 10.0. Проверка полученных данных на соответствие закону нормального распределения проводилась с помощью критерия Шапиро-Уилка (W-теста). Так как распределение большинства полученных данных было отличным от нормального, для описания центральной тенденции использованы медиана и межквартильный интервал (Me [q25; q75]). Для оценки статистической значимости различий между двумя независимыми выборками использовался критерий Манна-Уитни (U-тест). Для сравнения относительных показателей, характеризующих частоту качественного признака, имеющего два значения, рассчитывали точный критерий Фишера. Нулевая гипотеза об отсутствии статистически значимых различий отвергалась при $p < 0,05$.

Основные результаты

Пациенты в сравниваемых группах были сопоставимы (см. таблицу 1) по тяжести (формам ОРДС) и объему поражения легких ($p=0,0970$). Однако статистически значимо различались по возрасту ($p=0,0001$). Так, ремдесивир назначался более молодым пациентам (согласно инструкции к препарату требовалось с осторожностью назначать данное лекарственное средство пациентам старше 65 лет), у которых была сохранена функция почек и позволяли сроки заболевания.

Таблица 1 – Эффективность ремдесивира у пациентов с COVID-19-ассоциированным ОРДС

		Группа «Ремдесивир+» (n=54)	Группа «Ремдесивир-» (n=68)	p
Возраст, года*		62,0 [57,0; 67,0]	70,0 [60,0; 76,0]	0,0001
Объем поражения легких, %*		52,5 [35,0; 80,0]	50,0 [30,0; 72,5]	0,0970
Форма ОРДС**	легкая	5 (9,3%)	11 (16,2%)	0,2937 [†]
	среднетяжелая	10 (18,5%)	11 (16,2%)	0,8111 [†]
	тяжелая	39 (72%)	46 (67,6%)	0,6925 [†]
Летальность, абс., %**		28 (51,8%)	36 (52,9%)	1,0000 [†]
Время нахождения в ОРИТ, сутки*	все	13,0 [8,0; 23,0]	9,0 [3,0; 12,5]	0,0010
	выжившие	10,5 [5,0; 25,0]	9,5 [3,0; 16,5]	0,1655
	умершие	14,0 [8,5; 21,5]	8,0 [4,0; 11,0]	0,0009
Время нахождения в стационаре, сутки*		20,0 [14,0; 33,0]	17,0 [10,0; 28,0]	0,1347

Примечания: * Me – медиана, [25%; 75%] – 25-й и 75-й процентиль; ** в % доле от общего количества пациентов в группе; [†] – двусторонний точный критерий Фишера

Летальность в сравниваемых группах была сопоставима ($p=1,0000$): в группе «Ремдесивир+» составила 51,8% ($n=28$), в группе «Ремдесивир-» – 52,9% ($n=36$).

Сравниваемые группы статистически значимо различались по срокам пребывания пациентов в ОРИТ ($p=0,0010$). При этом было установлено, что статистически значимые различия в продолжительности пребывания в ОРИТ имелись только между умершими пациентами сравниваемых групп. Так, умершие в последствии пациенты, которым проводилось лечение ремдесивиром, находились в ОРИТ 14,0 [8,5; 21,5] дней против 8,0 [4,0; 11,0] дней в группе «Ремдесивир-» ($p=0,0009$). Назначение ремдесивира не повлияло на общую продолжительность нахождения пациентов с COVID-19-ассоциированным ОРДС в стационаре ($p=0,1347$).

Анализ эффективности использования ремдесивира у пациентов с COVID-19-ассоциированным ОРДС, находившихся в ОРИТ, в зависимости от исхода заболевания представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Эффективность ремдесивира в зависимости от исхода заболевания у пациентов с COVID-19-ассоциированным ОРДС*

	Группа «Ремдесивир+» (n=54)		
	Выжившие (n=26)	Умершие (n=28)	p
Возраст, года	60,5 [50,0; 65,0]	62,5 [59,5; 69,0]	0,0034
Объем поражения легких, %	47,5 [30,0; 70,0]	77,5 [50,0; 90,0]	0,0058
Время нахождения в ОРИТ, сутки	10,5 [5,0; 25,0]	14,0 [8,5; 21,5]	0,5956
Время нахождения в стационаре, сутки	27,0 [20,0; 47,0]	15,5 [10,5; 24,0]	0,0014

Примечания: * Me – медиана, [25%; 75%] – 25-й и 75-й процентиль

Как видно из представленной таблицы, в группе пациентов, которые получили ремдесивир, выжили более молодые пациенты с меньшим объемом поражения легочной ткани. Так, возраст выживших пациентов статистически значимо различался с возрастом умерших ($p=0,0034$) и составил 60,5 [50,0; 65,0] лет против 62,5 [59,5; 69,0] года, соответственно. У умерших пациентов статистически значимо больший объем поражения легочной ткани по данным КТ – 77,5 [50,0; 90,0]% против 47,5 [30,0; 70,0]% у выживших ($p=0,0058$). Продолжительность нахождения выживших пациентов в стационаре закономерно была больше, чем у умерших пациентов ($p=0,0014$).

Обсуждение

Механизм действия ремдесивира заключается в образовании активного метаболита нуклеозидтрифосфата (ремдесивира трифосфата), который выступает в качестве конкурентного аналога природного АТФ, который, включаясь в формирующиеся РНК-цепи, приводит к обрыву цепи во время репликации вирусной РНК [10, 11]. «Матовыми стеклами» на КТ ОГК выглядят участки легочной ткани с пониженной воздушностью и интерстициальным характером инфильтрации. Морфологически этот процесс представляет собой массивную десквамацию в просвет альвеол пневмоцитов I и II типа с примесью альвеолярных макрофагов и инфильтрацию альвеолярных перегородок и периваскулярных пространств мононуклеарами с формированием интерстициальных мононуклеарных, в основном лимфоцитарных, воспалительных инфильтратов. Поэтому большой объем поражения легочной ткани по данным КТ ОГК свидетельствует об уже произошедшей массивной репликации SARS-CoV-2 и отсутствии, на наш взгляд, точки приложения для действия ремдесивира.

Заключение

Таким образом, назначение ремдесивира пациентам с COVID-19-ассоциированным ОРДС, находившимся в ОРИТ, не оказало существенного влияния на сроки заболевания и летальность. При назначении ремдесивира важно учитывать не только сроки заболевания, наличие сопутствующей патологии, но и объем поражения легочной ткани по данным компьютерной томографии органов грудной клетки. Назначение ремдесивира более эффективно у пациентов в возрасте 60,5 [50,0; 65,0] лет с объемом поражения легочной ткани 47,5 [30,0; 70,0] %.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Evaluation of the effects of Remdesivir and Hydroxychloroquine on viral clearance in COVID-19 : a randomized trial / A. Barratt-Due et al. // Ann. Intern. Med. – 2021. – Vol. 174, № 9. – P. 1261-1269.
2. Remdesivir for the treatment of Covid-19 – final report / J.H. Beigel et al. // N. Engl. J. Med. – 2020. – Vol. 383, № 19. – P. 1813-1826.
3. Remdesivir for 5 or 10 Days in patients with severe Covid-19 / J.D. Goldman et al. // N. Engl. J. Med. – 2020. – Vol. 383, № 19. – P. 1827-1837.
4. Remdesivir in adults with severe COVID-19: a randomised, double-blind, placebo-controlled, multicentre trial / Y. Wang et al. // Lancet. – 2020. – Vol. 395, № 10236. – P. 1569-1578.
5. Remdesivir plus standard of care versus standard of care alone for the treatment of patients admitted to hospital with COVID-19 (DisCoVeRy): a phase 3, randomised, controlled, open-label trial / F. Ader et al. // Lancet Infect. Dis. – 2022. – Vol. 22, № 2. – P. 209-221.
6. Repurposed antiviral drugs for Covid-19 – Interim WHO Solidarity Trial Results / WHO Solidarity Trial Consortium; H. Pan et al. // N. Engl. J. Med. – 2021. – Vol. 384, № 6. – P. 497-511.
7. Early Remdesivir to prevent progression to severe Covid-19 in outpatients / R.L. Gottlieb et al. // N. Engl. J. Med. – 2022. – Vol. 386, № 4. – P. 305-315.
8. Effect of remdesivir vs standard care on clinical status at 11 days in patients with moderate COVID-19: a Randomized clinical trial / C.D. Spinner et al. // JAMA. – 2020. – Vol. 324, № 11. – P. 1048-1057.
9. Acute respiratory distress syndrome: the Berlin definition / Ranieri V.M. et al. // JAMA. – 2012. – Vol. 307, № 23. – P. 2526-2533.
10. Khazir, J. A Review on Remdesivir: a broad-spectrum antiviral molecule for possible COVID-19 treatment / J. Khazir, T. Maqbool, B.A. Mir // Mini Rev. Med. Chem. – 2021. – Vol. 21, № 17. – P. 2530-2543.
11. Moirangthem, D.S. Remdesivir (GS-5734) in COVID-19 therapy: the fourth chance / D.S. Moirangthem, L. Surbala // Curr. Drug Targets. – 2021. – Vol. 22, № 12. – P. 1346-1356.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.118.4.087>**КОНСОЛИДАЦИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВРАЧЕЙ ФТИЗИАТРИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ И ОБЩЕЙ ЛЕЧЕБНОЙ СЕТИ В ВЫЯВЛЕНИИ ТУБЕРКУЛЕЗА ЛЕГКИХ**

Научная статья

Шевченко А.И.^{1,3}, Дробот Н.Н.^{2,*}, Кондратьева Е.Г.³^{1,3} Клинический противотуберкулезный диспансер Краснодарского края, Краснодар, Россия;^{1,2} Кубанский государственный медицинский университет Минздрава России, Краснодар, Россия

* Корреспондирующий автор: (mangust68[at]mail.ru)

Аннотация

В статье представлены результаты исследования контингента пациентов, направленных на консультацию в ГБУЗ «Клинический противотуберкулезный диспансер» (КПТД) терапевтами, пульмонологами из поликлиник и соматических стационаров общей лечебной сети (ОЛС) г. Краснодар с подозрением на туберкулез легких. Проведенный анализ показал, что в структуре консультируемых пациентов преобладали лица в возрасте 18-55 лет с подозрением на инфильтративную форму туберкулеза легких. Время с момента обращения заболевшего в ОЛС и направлением к фтизиатру составило 14-35 дней. Это зависело от клинических симптомов заболевания, результатов лабораторных, лучевых и инструментальных методов исследования, эффективности проводимого лечения. Среди этой категории пациентов диагноз туберкулеза легких подтвержден в 19,5% случаев. У остальных, по данным дополнительных исследований, проведенных в КПТД, диагноз туберкулеза легких не подтвержден. В статье отмечен высокий уровень фтизиатрической настороженности врачей ОЛС, проведен анализ регулярности и эффективности выполнения диагностических мероприятий в ОЛС, регламентированных нормативными документами МЗ РФ.

Ключевые слова: фтизиатрическая служба, общая лечебная сеть, туберкулез легких, структура пациентов, диагноз фтизиатра.

CONSOLIDATION OF THE ACTIVITIES OF DOCTORS OF THE PHTHISIOLOGICAL SERVICE AND THE GENERAL MEDICAL NETWORK IN THE DETECTION OF PULMONARY TUBERCULOSIS

Research article

Shevchenko A.I.^{1,3}, Drobot N.N.^{2,*}, Kondratyeva E.G.³^{1,3} Clinical tuberculosis early treatment clinic of the Ministry of Health of the Krasnodar Krai, Krasnodar, Russia;^{1,2} Kuban State Medical University, Krasnodar, Russia

* Corresponding author: (mangust68[at]mail.ru)

Abstract

The article presents the results of a study of the contingent of patients referred for consultation at the Clinical Tuberculosis Early Treatment Clinic by therapists, pulmonologists from polyclinics and somatic hospitals of the general medical network of Krasnodar with suspected pulmonary tuberculosis. The analysis demonstrates that the structure of the patients involved was dominated by persons aged 18-55 years with suspected infiltrative form of pulmonary tuberculosis. The time from the moment of the patient's referral to the general medical network and referral to the phthisiologist was 14-35 days. It depended on the clinical symptoms of the disease, the results of laboratory, radiation, and instrumental research methods, the effectiveness of the treatment. Among this category of patients, the diagnosis of pulmonary tuberculosis was confirmed in 19.5% of cases. For the rest, according to additional studies conducted at the early treatment clinic, the diagnosis of pulmonary tuberculosis was not confirmed. The article notes the high level of phthisiological alertness of the doctors of the general medical network, the analysis of the regularity and effectiveness of performing diagnostic measures in the general medical network, regulated by the regulatory documents of the Ministry of Health of the Russian Federation.

Keywords: phthisiological service, general medical network, pulmonary tuberculosis, patient structure, diagnosis of a phthisiologist.

Введение

Туберкулез остается одним из наиболее широко распространенных инфекционных заболеваний в мире. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) треть населения земного шара инфицирована микобактериями туберкулеза (МБТ). Каждый год заболевают туберкулезом 10 млн. человек, умирают от данной инфекции 1,2 млн. В 2014 году ВОЗ приняла масштабный план ликвидации туберкулеза как массового инфекционного заболевания к 2035 году. Для решения поставленной задачи необходимо ежегодное снижение заболеваемости на 10%, смертности – на 6%.

В Российской Федерации в период 2009-2020 гг. отмечается устойчивое снижение заболеваемости туберкулезом. Как отмечает в своих исследованиях О.Б. Нечаева [1], показатели заболеваемости туберкулезом и смертности от этого заболевания будут продолжать снижаться. Положительных результатов удалось достигнуть благодаря стабильному финансированию государственных противотуберкулезных программ, созданию и внедрению в работу медицинских учреждений инновационных технологий в области диагностики, лечения и профилактики туберкулеза. В РФ разработана стратегия борьбы с туберкулезом до 2025 года, приоритетными направлениями которой рассматриваются «повышение качества и экономической эффективности противотуберкулезных мероприятий на основе современных научно-обоснованных подходов к профилактике, выявлению, диагностике и лечению туберкулеза» [2]. В России фтизиатрическая служба уже в течение более ста лет, накопив огромный опыт борьбы с туберкулезом различных локализаций патологического процесса, выполняет не только диагностическую, лечебную и профилактическую работу. Фтизиатры реализуют организационно-методические функции в отношении первичного звена здравоохранения, при этом осуществляется деятельность в направлении дифференциально-диагностических мероприятий, как в

поликлиниках, так и в соматических стационарах. Важная роль в выполнении поставленных задач по раннему выявлению туберкулеза органов дыхания принадлежит врачам общей лечебной сети (ОЛС), в том числе участковым терапевтам. Во многом это зависит от взаимосвязи специалистов ОЛС с участковым фтизиатром, уровнем знаний по фтизиатрии, пульмонологии, выполнением нормативных документов, алгоритмов диагностики туберкулеза органов дыхания в условиях поликлиники и соматического стационара [3], [4], [5].

Проблема выявления туберкулеза легких в учреждениях ОЛС остается актуальной в условиях снижения заболеваемости туберкулезом и нуждается в анализе эффективности диагностических мероприятий, выполняемых участковыми терапевтами, пульмонологами и другими специалистами.

Цель исследования. Провести анализ контингента пациентов, направленных на консультацию в ГБУЗ «Клинический противотуберкулезный диспансер» терапевтами, пульмонологами из поликлиник и соматических стационаров г. Краснодар с подозрением на туберкулез легких.

Материалы и методы исследования. Для достижения поставленных целей проведен анализ 272 амбулаторных карт и сопроводительных документов пациентов, направленных из медицинских учреждений г. Краснодар, для подтверждения или снятия диагноза «туберкулез легких» в поликлиническое отделение ГБУЗ «Клинический противотуберкулезный диспансер» (КПТД).

Результаты исследования и их обсуждение

Основополагающим нормативным документом, регламентирующим взаимодействие фтизиатрической службы и учреждений первичной медико-санитарной помощи в вопросах выявления и диагностики туберкулеза, является приказ Министерства здравоохранения РФ №951 от 29.12. 2014г «Об утверждении методических рекомендаций по совершенствованию диагностики и лечения туберкулеза органов дыхания» [6].

Национальная стратегия борьбы с туберкулезом в Российской Федерации направлена на активное выявление заболевания путем регулярного флюорографического обследования населения страны. Несмотря на это, высоким остается процент больных туберкулезом, выявляемых «по обращению» в лечебные учреждения с симптомами бронхо - легочной патологии. Раннее выявление туберкулеза легких определяется сроками диагностики, качеством и интерпретацией выполненного исследования. Определенную роль в решении данной проблемы играет «фтизиатрическая настороженность» и уровень профессиональной подготовки врачей в вопросах дифференциальной диагностики легочной патологии [7], [8], [9]. В результате ошибочных действий врача ОЛС пациент несвоевременно направляется к фтизиатру, что создает предпосылки развития распространенных форм туберкулеза, сопровождающихся выделением МБТ, распадом легочной ткани с осложнением заболевания, хроническим течением туберкулезного процесса с множественной и широкой лекарственной устойчивостью МБТ к противотуберкулезным препаратам. Это приводит к снижению эффективности лечения и ухудшению эпидемических показателей по туберкулезу [10], [11]. В изданных и утвержденных МЗ РФ в 2021г. дополненных клинических рекомендациях «Туберкулез у взрослых» четко определены методы диагностики туберкулеза и алгоритм действий при выявлении туберкулеза легких [12]. Как указано в Клинических рекомендациях, пациентам с подозрением на туберкулез легких необходимо минимум дважды исследовать мокроту с интервалом 2-3 дня с целью обнаружения МБТ. При возможности в условиях ОЛС использовать в диагностическом комплексе не только простую микроскопию, но и молекулярно-генетические методы. Несмотря на то, что микроскопия мокроты обладает невысокой чувствительностью (не более 50% у впервые выявленных пациентов с туберкулезом легких), метод остается актуальным для использования в ОЛС из-за простоты выполнения, небольших финансовых затратах и возможностью выявления наиболее опасных пациентов в эпидемиологической ситуации.

Результаты проведенного авторами исследования показали, что среди направленных на консультацию в КПТД пациентов больше половины составили мужчины (60,5%). В возрастной группе распределение было следующим: 18-35 лет – 36,1%, 36 -45 лет – 26,4%, 46- 55 лет – 28,2%, 56- 65 лет – 7,5%, старше 65 лет – 1,8%. Следовательно, в структуре консультируемых преобладали лица трудоспособного возраста от 18 до 55 лет, преимущественно мужчины. В направительных документах по итогам обследования и проведенного лечения врачами ОЛС в 56,8% случаев выставлен предположительный диагноз «инфильтративный туберкулез легких», в 25,4% - «диссеминированный туберкулез легких», в 17,8% - «очаговый туберкулез легких». При ФГ- обследовании или выполнении обзорной рентгенограммы органов грудной клетки доля пациентов с инфильтративными изменениями в легких составила 49,7%, множественными очаговыми изменениями – 34,1%, единичными очагами – 12,4%, у остальных изменения в легких расценивались как фиброз. При обследовании в условиях поликлиник или соматического стационара с использованием методов лучевой диагностики обнаружены деструктивные изменения в легких у 4,8% пациентов. В мокроте методом простой микроскопии обнаружены МБТ в 19,8% случаев. Период времени с момента обращения пациента в медицинское учреждение ОЛС до направления врачом на консультацию в ГБУЗ КПТД составил от 14 до 35 дней. Дифференциальная диагностика патологии органов дыхания представляет определенные трудности. Это объясняется тем, что симптомы, сопровождающие туберкулез легких, характеризуются многообразием проявлений, определяемых методами клинических обследований, лучевой и лабораторной диагностики, не отличаются специфичностью [13], [14].

Определенные проблемы возникают при проведении дифференциальной диагностики внебольничной пневмонии, наиболее часто встречающейся патологии легких в практике врача терапевта участкового. Трудности обусловлены тем, что в последнее десятилетие часто встречаются острые манифестации туберкулезного процесса, сопровождающиеся высокой температурой, выраженной интоксикацией, продуктивным кашлем, одышкой, выраженными физикальными изменениями в легких, отсутствием в мокроте МБТ. По полученным клиничко-лабораторным и рентгенологическим данным такие больные госпитализируются с диагнозом «пневмония» или с другими легочными заболеваниями. Если в процессе обследования и лечения возникает подозрение на туберкулез, то эта мысль отвергается врачами из-за отсутствия в мокроте МБТ, не обнаружения «типичных» изменений при рентгенологическом исследовании, низкой ответной реакцией на иммунологические тесты – проба Манту 2 ТЕ ППД-Л или Диаскин-тест.

Несмотря на то, что врачи - фтизиатры во время кураторских визитов в учреждения ОЛС выполняют большую организационно-методическую работу, наблюдаются дефекты в выявлении туберкулеза органов дыхания. Анализ полученных материалов показал – почти у половины пациентов (47,4%), обратившихся в ОЛС с жалобами со стороны бронхо -легочной системы был нарушен алгоритм диагностики туберкулеза легких. Исследование мокроты методом простой микроскопии на обнаружение кислотоустойчивых микобактерий (КУМ) в ОЛС проведено у 51,8% обратившихся, из них у 75,9% - однократно. Рентгенологическое исследование органов грудной клетки у 34,5% пациентов было проведено только после установления факта неэффективного лечения предполагаемого заболевания.

Таким образом, исследование показало присутствие нарушений в выполнении нормативных документов МЗ РФ в учреждениях ОЛС при выявлении туберкулеза легких.

Дальнейший анализ медицинской документации показал, что из 272 пациентов, направленных на консультацию в КППД, диагноз «туберкулез легких» подтвержден у 53 человек (19,5%). В структуре клинических форм туберкулеза легких распределение было следующим: очаговый туберкулез у 7 пациентов (13,2%), инфильтративный – 15 пациентов (28,3%), диссеминированный – 21 (39,6%), туберкулема легких – 8 (15,1%), казеозная пневмония – 2 (3,8%). Данные, характеризующие выявленные клинические формы туберкулеза легких, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика клинических форм туберкулеза легких, установленных фтизиатрами, у пациентов ОЛС

Клиническая форма туберкулеза легких	Количество больных, %	Характеристика туберкулезного процесса				
		Фаза распада, %	Всего МБТ в мокроте, %	Обнаружено МБТ в мокроте		
				Метод обнаружения МБТ		
				Микроскопия, %	Молекулярно-генетический, %	ВАСИЕС, %
Очаговая	13,2	0,0	14,1	0,0	14,2	14,2
Инфильтративная	28,3	19,2	60,8	20,0	51,4	52,8
Диссеминированная	39,6	8,8	46,6	18,7	41,2	43,5
Туберкулема	15,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Казеозная пневмония	3,8	100,0	100,0	51,1	98,5	100,0
Всего	100,0	33,9	54,3	31,4	52,7	53,6

Среди пациентов с установленным в КППД диагнозом «туберкулез легких» фаза распада по результатам лучевой диагностики, в том числе КТ органов грудной клетки, установлена у 18 человек, (33,9%). Комплексное исследование мокроты на выявление возбудителя туберкулеза дали положительный результат у 54,3% пациентов. Анализ мокроты выполнялся с использованием различных методов – простая микроскопия, молекулярно-генетический, посевом с использованием ВАСИЕС. Наши данные соответствуют результатам других авторов [15].

Дальнейшим предметом исследования было изучение нозологической структуры патологии в легких у пациентов с неподтвержденным диагнозом «туберкулез». У 219 пациентов (80,5%) из 272 на основе комплексного клинко-лабораторного, инструментального исследования, выполнения КТ - органов грудной клетки, диагноз туберкулеза не был подтвержден. Заключение врачебной комиссии КППД о результатах обследования пациента, в том числе консультаций других специалистов (онколога, пульмонолога и др.), направлялось врачу ОЛС. На основании выполнения диагностических мероприятий в КППД, у пациентов с неподтвержденным диагнозом «туберкулез легких» выявлена следующая патология: внебольничная пневмония – 49,8%, диссеминированные заболевания легких (ДЗЛ) – 13,7%, онко заболевания легких – 11,9%, ХОБЛ – 17,8%, посттуберкулезные изменения в виде фиброза – 6,8%. Данные о соответствии направительного диагноза «туберкулез легких» и установленной патологией органов дыхания в КППД представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Частота диагностических ошибок в учреждениях ОЛС у пациентов с подозрением на туберкулез легких

Диагноз «туберкулез» в ОЛС			Диагноз КППД									
Клиническая форма	Количество пациентов		Внебольничная пневмония		ДЗЛ		Онкозаболевания легких		ХОБЛ		Посттуб изменения в легких	
	абс. ч.	%	абс. ч.	%	абс. ч.	%	абс. ч.	%	абс. ч.	%	абс. ч.	%
Очаговая	39	100,0	12	30,7	14	35,8	4	10,3	6	15,4	3	7,8
Инфильтративная	136	100,0	98	72,3	5	3,7	5	3,7	22	16,2	6	4,1
Диссеминированная	44	100,0	11	25,0	24	54,5	2	4,5	2	4,5	5	11,5
Всего	219	100,0	121	55,3	43	19,6	11	5,1	30	13,7	14	6,3

Проведенное исследование позволило рассматривать консолидацию фтизиатрической службы и ОЛС с двух позиций. С одной стороны, положительным моментом является настороженность врачей ОЛС в отношении туберкулеза легких. С другой стороны, высокий уровень пациентов, у которых не выполнен обязательный диагностический минимум и алгоритм действий при подозрении на туберкулез легких. Причину этого можно предполагать в недостаточной теоретической подготовке врачей ОЛС по направлению патологии органов дыхания, как по разделам диагностики, дифференциальной диагностики, так и патоморфозу патологии органов дыхания.

Заключение

Полученные результаты исследования показали определенные проблемы в организации диагностического процесса у пациентов, обратившихся в учреждения ОЛС с жалобами на симптомы со стороны органов дыхания. Нарушение норм обследования приводит к ухудшению эпидемиологической ситуации по туберкулезу легких за счет лиц с распространенным процессом, сопровождающимся бактериовыделением и деструктивными изменениями в легких. В связи с этим необходимо повысить требования к выполнению кратности исследования мокроты на КУМ методом микроскопии, рентгенологическое обследование проводить до начала лечения и после его окончания для выяснения динамики клинко-рентгенологической картины и определения дальнейшей тактики ведения пациента.

Для эффективной врачебной консолидации фтизиатрической службы и врачей ОЛС, необходимо повышение качества профессиональной подготовки врачей ОЛС по направлениям диагностики, дифференциальной диагностики патологии легких, выполнение нормативных документов МЗ РФ, регламентирующих действия врача в вопросах выявления туберкулеза легких.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Нечаева О. Б. Состояние и перспективы противотуберкулезной службы России в период COVID-19 / О. Б. Нечаева // Туберкулез и болезни лёгких. – 2020. – Том 98, № 1. – С 7-18.
2. Туберкулез у взрослых. // Клинические рекомендации. – Москва, 2020. – 119 с.
3. Бородулина Е. А. Пути оптимизации выявления туберкулеза в пульмонологическом отделении / Е. А. Бородулина // Туберкулез и болезни лёгких. – 2018. – Т. 96, №5. – С. 22-25.
4. Челнокова О. Г. Особенности восприятия проблемы туберкулеза врачами первичного звена здравоохранения / О. Г. Челнокова, М. Н. Голованова, И. Г. Сенин // Туберкулез и болезни легких. – 2020. – №1 (98). – С. 41-45.
5. Ибрагимова, Х. О. Выявление туберкулеза легких в общесоматических лечебных учреждениях / Х. О. Ибрагимова, А. Н. Зиямухамедов, Ф. К. Ташпулатова. Текст : непосредственный // Молодой ученый. – 2017. – № 3 (137). – С. 236-238. [Электронный ресурс] URL: <https://moluch.ru/archive/137/38563/> (дата обращения: 27.04.2021).
6. Приказ от 29 декабря 2014 г. N 951 «Об утверждении методических рекомендаций по совершенствованию диагностики и лечения туберкулеза органов дыхания» Министерство здравоохранения Российской Федерации. – 38 с.
7. Сравнительный анализ семиотики диссеминированного туберкулеза легких и экзогенного аллергического альвеолита по данным компьютерной томографии. / Р. Б. Амансахедов, И. В. Лимарова, А. В. Перфильев и др. // Вестник рентгенологии и радиологии. – 2016. – 97(2). – С. 79-84.
8. Бородулина Е. А. Участковый врач-фтизиатр в условиях мегаполиса XXI века / Е. А. Бородулина // Врач. – 2016. – №11. – С. 25-27.
9. Проблемы дифференциальной диагностики туберкулеза легких и внебольничной пневмонии у военнослужащих / В. В. Данцев, В. В. Иванов, В. Г. Карпущенко и др. // Вестник российской военно-медицинской академии. – 2015. – №4 (52). – С. 32-37.
10. Бородулина Э. В. Вопросы организации выявления туберкулеза в практике участкового терапевта [Текст] : тезисы Всерос. науч.-практич. конф. с межд. участием «Актуальные вопросы противотуберкулезной помощи в Российской Федерации»: консолидация усилий в борьбе с туберкулезом», 31 мая – 1 июня 2018 г., Москва / Э. В. Бородулина // Туберкулез и болезни лёгких. – 2018. – Т. 96, №5. – С. 49-52.
11. Проблемы организации выявления и диагностики туберкулеза легких в общей лечебной сети. / А. В. Павлушин, М. А. Шарафутдинова, С. Б. Борисова и др. // Туберкулез и болезни легких. 2014;(11):С. 18-22.
12. Туберкулез у взрослых. // Клинические рекомендации. – Москва. – 2021. – 136 с.
13. Тюрин И. Е. Дифференциальная диагностика очаговых изменений в легких при тонкослойной компьютерной томографии / И. Е. Тюрин // Атмосфера, Пульмонология и аллергология. – 2009. – №4. – С 2-7.
14. Бородулина Е. А. Сложности диагностики туберкулеза / Е. А. Бородулина // Врач. – 2018. – Т. 29, №2. – С. 30-32.
15. Спиридонова Л. Г. Совершенствование бактериологической диагностики туберкулеза органов дыхания / Л. Г. Спиридонова, М. Б. Тен, И. В. Лабутин // Современные проблемы науки и образования. – 2019. – №1 [Электронный ресурс]. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=28501> (дата обращения: 05.06.2021).

Список литературы на английском языке / References in English

1. Nechaeva O.B. Sostoyaniye i perspektivy protivotuberkuleznoy sluzhby Rossii v period COVID-19 [The state and prospects of the anti-tuberculosis service in Russia during the period of COVID-19]. // Tuberkulez i bolezni legkikh [Tuberculosis and lung diseases]. – 2020. – Vol. 98, No. 12. – pp. 7-18. [in Russian]
2. Tuberkulez u vzroslykh [Tuberculosis in adults]. // Klinicheskiye rekomendatsii [Clinical guidelines]. – Moscow, 2020. – 119 p. [in Russian]
3. Borodulina E.A. Puti optimizatsii vyyavleniya tuberkuleza v pulmonologicheskoy otdelenii [Ways to optimize the detection of tuberculosis in the pulmonology department] [Text] / E. A. Borodulina // Tuberkulez i bolezni legkikh [Tuberculosis and lung diseases]. – 2018. – Vol. 96, No. 5. – pp 22-25. [in Russian]
4. Chelnokova O. G. Osobennosti vospriyatiya problemy tuberkuleza vrachami pervichnogo zvena zdravookhraneniya [Peculiarities of Perception of the Problem of Tuberculosis by Primary Health Care Physicians] / O. G. Chelnokova. M. N. Golovanova. I. G. Senin // Tuberkulez i bolezni legkikh [Tuberculosis and Lung Diseases]. – 2020. – No. 1 (98). – pp. 41-45 [in Russian]
5. Ibragimova, Kh. O. Vyyavleniye tuberkuleza legkikh v obshchesomaticheskikh lechebnykh uchrezhdeniyakh [Detection of pulmonary tuberculosis in general medical institutions] / Kh. O. Ibragimova, A. N. Ziyamukhamedov, F. K. Tashpulatova. -

Text: direct // Molodoy uchenyy [Young scientist]. – 2017. – No. 3 (137). – . pp. 236-238. — [Electronic resource]. URL: <https://moluch.ru/archive/137/38563/> (accessed: 04/27/2021) [in Russian]

6. Prikaz ot 29 dekabrya 2014 g. N 951 «Ob utverzhdenii metodicheskikh rekomendatsiy po sovershenstvovaniyu diagnostiki i lecheniya tuberkuleza organov dykhaniya» Ministerstvo zdravookhraneniya Rossiyskoy Federatsii [Order of December 29, 2014 N 951 On the approval of guidelines for improving the diagnosis and treatment of respiratory tuberculosis Ministry of Health of the Russian Federation] – 38 pp. [in Russian]

7. Sravnitelnyy analiz semiotiki disseminirovannogo tuberkuleza legkikh i ekzogennogo allergicheskogo alveolita po dannym kompyuternoy tomografii. [Comparative analysis of the semiotics of disseminated pulmonary tuberculosis and exogenous allergic alveolitis according to computed tomography data.]. / R. B. Amansakhedov. I. V. Limarova. A. V. Perfilyev et al. // Vestnik rentgenologii i radiologii [Bulletin of radiology and radiology]. – 2016. – 97(2). – pp. 79-84. [in Russian]

8. Borodulina E. A. Uchastkovyy vrach-ftiziatr v usloviyakh megapolisa XXI veka [Local phthisiatrician in the conditions of the megalopolis of the XXI century] / E. A. Borodulina // Vrach. – 2016. – No. 11. – pp. 25-27. [in Russian]

9. Problemy differentsialnoy diagnostiki tuberkuleza legkikh i vnebolnichnoy pnevmonii u voyennosluzhashchikh [Problems of differential diagnosis of pulmonary tuberculosis and community-acquired pneumonia in military personnel] / V. V. Dantsev. V. V. Ivanov. V. G. Karpushchenko et al. // Vestnik rossiyskoy voyenno-meditsinskoy akademii [Bulletin of the Russian Military Medical Academy]. – 2015. – No. 4 (52). – pp. 32-37. [in Russian]

10. Borodulina E.V. Voprosy organizatsii vyyavleniya tuberkuleza v praktike uchastkovogo terapevta [Tekst] : tezisy Vseros. nauch.-praktich. konf. s mezhd. uchastiyem «Aktualnyye voprosy protivotuberkuleznoy pomoshchi v Rossiyskoy Federatsii»: konsolidatsiya usiliy v borbe s tuberkulezom». 31 maya – 1 iyunya 2018 g.. Moskva [Issues of organizing the detection of tuberculosis in the practice of a local therapist [Text]: abstracts of the All-Russian. scientific-practical. conf. from int. participation "Actual issues of anti-tuberculosis care in the Russian Federation": consolidation of efforts in the fight against tuberculosis", May 31 June 1, 2018, Moscow] / E. V. Borodulina // Tuberkulez i bolezni legkikh [Tuberculosis and lung diseases]. – 2018. – Vol. 96, No. 5. – pp. 49-52. [in Russian]

11. Problemy organizatsii vyyavleniya i diagnostiki tuberkuleza legkikh v obshchey lechebnoy seti [Problems of organization of detection and diagnosis of pulmonary tuberculosis in the general medical network]. / A. V. Pavlunin. M. A. Sharafutdinova. S. B. Borisova et al. // Tuberkulez i bolezni legkikh [Tuberculosis and lung diseases]. – 2014. – (11). – pp. 18-22. [in Russian]

12. Tuberkulez u vzroslykh [Tuberculosis in adults]. // Klinicheskiye rekomendatsii [Clinical guidelines]. – Moscow. 2021. – 136 pp.

13. Tyurin I. E. Differentsialnaya diagnostika ochagovykh izmeneniy v legkikh pri tonkosloynoy kompyuternoy tomografii [Differential diagnosis of focal changes in the lungs with thin-layer computed tomography]. / I. E. Tyurin // AtmosferA. Pulmonologiya i allergologiya [AtmosferA, Pulmonology and Allergology]. – 2009. – No. 4. – pp. 2-7. [in Russian]

14. Borodulina E. A. Slozhnosti diagnostiki tuberkuleza [Difficulties in diagnosing tuberculosis]. / E. A. Borodulina // Vrach. – 2018. – V. 29, No. 2. – pp. 30-32. [in Russian]

15. Spiridonova L. G. Sovershenstvovaniye bakteriologicheskoy diagnostiki tuberkuleza organov dykhaniya [Improvement of bacteriological diagnostics of respiratory tuberculosis] / L. G. Spiridonova. M. B. Ten. I. V. Labutin // Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya [Modern problems of science and education]. – 2019. – No. 1. [Electronic resource]. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=28501> (accessed: 06/05/2021). [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.118.4.088>**ОЦЕНКА ФИЗИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ КАДЕТОВ АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ**

Научная статья

Яманова Г.А.¹, Антонова А.А.^{2,*}, Сагитова Г.Р.³, Идельбаева А.М.⁴, Мирманова И.М.⁵¹ ORCID: 0000-0003-2362-8979;² ORCID: 0000-0003-2581-0408;³ ORCID: 0000-0002-8377-6212;⁴ ORCID: 0000-0002-6482-8339;⁵ ORCID: 0000-0003-3857-2314;^{1, 2, 3, 4, 5} Астраханский государственный медицинский университет, Астрахань, Россия

* Корреспондирующий автор (fduecn-2010[at]mail.ru)

Аннотация

Дефицит двигательной активности серьезно ухудшает состояние здоровья растущего организма человека, ослабляет его защитные силы, не обеспечивает адекватное физическое развитие. Именно в школьном возрасте, когда идут интенсивно процессы роста и биологического созревания организма, особое значение имеет рационально организованный двигательный режим, закладывающий базу физического здоровья на всю последующую жизнь. Целью работы явился анализ динамики показателей физического развития кадетов Астраханской области. По результатам исследования обучение в корпусах подобного типа способствует укреплению физического развития и силовых возможностей организма.

Ключевые слова: дети и подростки, кадеты, казачий корпус, физическое развитие.

EVALUATION OF PHYSICAL DEVELOPMENT OF CADETS ASTRAKHAN REGION

Research article

Yamanova G.A.¹, Antonova A.A.^{2,*}, Sagitova G.R.³, Idelbayeva A.M.⁴, Mirmanova I.M.⁵¹ ORCID: 0000-0003-2362-8979;² ORCID: 0000-0003-2581-0408;³ ORCID: 0000-0002-8377-6212;⁴ ORCID: 0000-0002-6482-8339;⁵ ORCID: 0000-0003-3857-2314;^{1, 2, 3, 4, 5} Astrakhan State Medical University, Astrakhan, Russia

* Corresponding author (fduecn-2010[at]mail.ru)

Abstract

Lack of motor activity seriously impairs the health of a growing human body, weakens its defenses, does not ensure normal physical development, and overall performance decreases. It is at school age, when the processes of growth and biological maturation of the body are intensive, that a rationally organized motor regime is of particular importance, laying the foundation for physical health for the rest of life. The purpose of the work was to analyze the indicators of the physical development of the cadets of the Astrakhan region. According to the results of the study, training in buildings of this type helps to strengthen the physical development and strength capabilities of the body.

Keywords: children and teenagers, cadets, cossack corps, physical development.

Актуальность

Большое влияние на здоровье нации оказывает уровень здоровья детей и подростков, формируя ее интеллектуальный, репродуктивный, культурный и производственный потенциал [1].

Особо важной характеристикой здоровья в современных условиях становится физическое развитие детей, среди которого нарастает доля детей с избытком массы тела, так и с его выраженным недостатком. Реальным фактором формирования этих отклонений является снижение уровня жизни, отсутствие возможности обеспечить полноценное правильное питание, экологические проблемы, снижение двигательной активности детей [2], [3].

Кроме того, современные условия школьной среды во многом являются факторами риска: преобладает пассивный образ жизни, несбалансированное питание, высокие умственные нагрузки и др. Малоподвижный образ жизни в школьном возрасте отрицательно влияет на физическую подготовленность учащихся. Более того, внедрение в повседневную жизнь различных технических средств и компьютерных технологий снижает двигательную активность не только подрастающего поколения, но и всего общества в целом [4], [5], [6], [9].

Регулярное отслеживание тенденций физического развития учащихся образовательных учреждений, особенно с усиленной программой физической активности, например, начальных военно-учебных заведений, является интересным и актуальным направлением. Цель исследования: оценка динамики физического развития кадетов Астраханской области.

Материалы и принципы исследования

Исследование проводилось на базе «Казачьего кадетского корпуса имени атамана И.А. Бирюкова» среди учащихся 5-11-х классов. В исследовании приняли участие 150 учащихся мужского пола. В кадетском корпусе, дети обучаются по основной общеобразовательной программе с включением спортивной и строевой подготовки.

Статистическая обработка материала осуществлялась с помощью пакета программ «Statistica» и Microsoft Excel.

Результаты и обсуждение

В казачьем кадетском корпусе дети распределены по группам здоровья следующим образом (таблица 1).

Таблица 1 – Распределение кадетов по группам здоровья

Группа здоровья	2016 год, %	2017 год, %	2018 год, %	2019 год, %	2020 год, %
I	18,8	32,8	25,2	28,8	26
II	51,9	39,2	44	43,2	48
III	29,3	27,2	30	28	26

Из таблицы видно, что за пять лет увеличилось число детей с I группой здоровья ($p \leq 0,05$), количество детей со II и III группами здоровья незначительно снизилось.

За пять лет наблюдений уменьшилось количество детей со средним развитием (с 84% до 66%) ($p=0,06$) за счет увеличения количества кадетов с развитием выше среднего (с 13,5% до 28%) ($p=0,041$). Увеличилось количество детей с дисгармоничным развитием, в том числе с дефицитом массы тела (с 9,8% до 32,4%) ($p=0,04$). Однако увеличивается количество детей с высокими силовыми показателями (с 68,4% до 95%) ($p=0,046$) и с высокими показателями функции дыхания (с 18% до 28,8%) ($p=0,032$). Это связано с наличием дополнительных спортивных нагрузок (таблица 2).

Таблица 2 – Динамика антропометрических и физиометрических показателей учащихся казачьего кадетского корпуса

Показатель	2016 год	2017 год	2018 год	2019 год	2020 год
Физическое развитие (ФР): среднее	84	53,8	75,6	69	66
ФР: ниже среднего	2,5	14,4	9,5	7	6
ФР: выше среднего	13,5	16	15,7	25	28
Избыток массы тела	3	4	1,6	2,5	4,4
Недостаток массы тела	9,8	23,2	22,8	25	28
Выраженный недостаток массы тела	0	0	10,2	5,9	4,4
Сила мышц (СМ): средняя	21	6,4	12,6	4,2	4,4
СМ: выше среднего	68,4	92	82,7	92,4	95
СМ: ниже среднего	10,5	0,8	4,7	1,7	0,6
Жизненная емкость легких (ЖЕЛ): средняя	54,1	53	32,8	50,8	40,8
ЖЕЛ: выше среднего	18	22,7	15,3	22,9	28,8
ЖЕЛ: ниже среднего	27,8	24,3	52	26,3	30,4

Обучающиеся кадетского корпуса в среднем имеют достаточно хорошие показатели состояния дыхательной системы. Результаты проб Штанге и Генчи у большинства кадет соответствуют средним возрастным значениям, либо превышают их. Количество детей с крепким телосложением (индекс Эрисмана) за три года увеличилось с 19% до 24% ($p \leq 0,05$), с хорошим развитием грудной клетки с 7,6% до 18,4% ($p \leq 0,05$). Почти все кадеты (95,2%) имеют удовлетворительный адаптационный потенциал (таблица 3).

Таблица 3 – Оценка функциональной подготовленности кадетов

Параметр	Результат	2018 год %	2019 год %	2020 год %
Проба Генчи	низкая	18	9,3	14,4
	нормальная	35,4	43	37,3
	высокая	50,4	47	48,3
Проба Штанге	низкая	33	34	37
	нормальная	20,5	22	17
	высокая	46,5	44	46
Телосложение	крепкое	19	18,3	24
	среднее	21	22,6	22,4
	слабое	13	13,9	16
	очень слабое	47	45,2	37,6
Развитие грудной клетки	недостаточное	71	69,6	56
	среднее	21,4	18,3	21,6
	хорошее	7,6	18,3	18,4

Окончание таблицы 3 – Оценка функциональной подготовленности кадетов

Параметр	Результат	2018 год %	2019 год %	2020 год %
Эскурсия грудной клетки	недостаточная	65	57,4	52,8
	средняя	29	39,1	37,6
	хорошая	6,1	4,3	9,6
Коэффициент выносливости	ослаблена	57	42,6	48
	норма	12,2	6	8
	усилена	28	52,2	44
Адаптационный потенциал	удовлетворительный	98	97,4	95,2
	неудовлетворительный	2	1,7	4,8
	срыв адаптации	0	0,9	0

В 2018-2019 гг. проведено динамическое обследование кадет в возрасте 10-11 лет с целью изучения зависимости адаптационных резервов организма от тонуса и свойств центральной нервной системы при помощи модуля «Варикард». Исследования были проведены в начале и конце учебного года, оценивали вариабельность сердечного ритма и определение уровня адаптации ребенка. Методом оценки адаптационных реакций является вычисление показателя активности регуляторных систем (ПАРС). Он вычисляется в баллах по специальному алгоритму.

По уровню силы нервной системы распределение учащихся представлено следующим образом: 65% учащихся характеризуются очень слабой нервной системой, 15% - слабой, 5% - средней и 15% очень сильной (таблица 4).

Таблица 4 – Уровень развития у испытуемых переключаемости внимания.

Уровень	Количество детей, %	
	Начало года	Конец года
очень низкий	35	30
низкий	22	25
средний	17	15
высокий	26	30

Данные изменения указывают на повышение подвижности нервных процессов среди учащихся.

При оценке адаптационного потенциала учащихся по системе показателя активности регуляторных систем выявили, что только 21% исследуемых находятся в состоянии физиологической нормы, то есть характеризуются удовлетворительной степенью адаптации ребенка. Резкое снижение функциональных возможностей организма наблюдается у 17% исследуемых. Это объясняется особыми условиями образа жизни кадетов в отрыве от семьи, и новыми требованиями, предъявляемыми учителями и воспитателями.

Таким образом, обучение в корпусах подобного типа способствует укреплению физического развития и силовых возможностей организма. Однако, образ жизни кадетов и специфические факторы школьной среды создают условия при которых развивается напряжение адаптационных механизмов, снижение физиологических резервов. Этот факт определяет необходимость проведения профилактических мероприятий в направлении снижения психологической напряженности в процессе обучения [10].

Заключение

Таким образом, сохранение здорового подрастающего поколения, являясь одной из центральных проблем общественного развития, являются основными направлениями деятельности медицинского персонала образовательных учреждений. На сегодняшний день формирование единой профилактической среды немыслимо без тесной связи образовательных организаций с медицинской системой, а также с родителями обучающихся. Создание оптимальных условий для двигательной активности детей и подростков играет немаловажную роль в повышении их физической подготовленности и укреплении здоровья. Такие условия создаются в начальных военно-учебных заведениях, что, несомненно, свидетельствует об эффективности оздоровительных мероприятий, проводимых в них. Однако, нельзя исключать влияние психологических и социальных факторов в образовательных учреждениях. Поэтому одним из важнейших направлений профилактической работы в образовательных учреждениях является систематические наблюдения и контроль состояния здоровья и адаптационных резервов школьников.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Состояние здоровья детей современной России / А. А. Баранов, В. Ю. Альбицкий, Л. С. Намазова-Баранова и др. // Серия «Социальная педиатрия». Выпуск 21. - 2-е изд. - Москва: ПедиатрЪ, 2020. — 116 с. - ISBN 978-5-6042577-1-5
2. Ялаева Э. Т. Оценка физического развития школьников с применением компьютерной программы / Э.Т. Ялаева, А.Т. Зулъкарнаева, Т.Р. Зулъкарнаев // Здоровье населения и среда обитания. – 2015. - №10(271). – С. 23-25.

3. Грицинская В. Л. Оценка физического развития мальчиков школьного возраста г. Санкт-Петербурга с использованием антропометрического калькулятора ВОЗ / В. Л. Грицинская // Здоровье населения и среда обитания. – 2018. – №2(299). – С. 16-19.
4. Горелик В. В. Оценка физического развития и здоровья школьников общеобразовательной школы / В. В. Горелик // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2010. – №6(112). – С. 69-73.
5. Боброва Г. В. Значимость занятий спортом в военном самоопределении кадет / Боброва Г. В // Ученые записки университета Лесгафта. – 2017. – №6 (148). – С. 29-36.
6. Терехова Е. А. Физиолого-гигиеническая характеристика условий обучения и воспитания и их влияние на состояние здоровья обучающихся президентского кадетского училища: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.02.01 / Терехова Елена Алексеевна, Пермь, 2017. – 24 с.
7. Синельников, И. Ю. Состояние здоровья российских школьников: факторы влияния, риски, перспективы / И. Ю. Синельников // Наука и школа. – 2016. – №3. – С. 70-83.
8. Саньков С. В. Гигиеническая оценка влияния на детей факторов современной электронной информационно-образовательной среды школ / С. В. Саньков, В. Р. Кучма // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. – 2019. – Т. 13. – №. 3. – С. 98-103.
9. Популяционное здоровье детского населения, риски здоровью и санитарно-эпидемиологическое благополучие обучающихся: проблемы, пути решения, технологии деятельности / Л. М. Сухарева, И. К. Рапопорт, Е. И. Шубочкина и др. // Гигиена и санитария. – 2017. – №10. – С. 990-995.
10. Татьяна Е. В. Физиологическая адаптация и психосоматическое развитие школьников в современных условиях образовательного пространства / Е. В. Татьяна // Вестник психофизиологии. – Санкт-Петербург. – №2. – 2020. – С. 49-56.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Sostoyanie zdorov'ya detey sovremennoy Rossii [The state of health of children in modern Russia] / A. A. Baranov, V. Yu. Al'bitskiy, L. S. Namazova-Baranova et al. // Seriya «Sotsial'naya pediatriya». No. 21. – 2-e ed. – Moskva: Pediatr'' [Series "Social Pediatrics". Issue 21. – 2nd ed. – Moscow: Pediatr], 2020. — 116 p. – ISBN 978-5-6042577-1-5 [in Russian]
2. Yalaeva E. T. Otsenka fizicheskogo razvitiya shkol'nikov s primeneniem komp'yuternoy programmy [Assessment of the physical development of schoolchildren using a computer program] / E.T. Yalaeva, A.T. Zul'karnaeva, T.R. Zul'karnayev // Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya [Population health and habitat]. – 2015. – №10(271). – P. 23-25. [in Russian]
3. Gritsinskaya V. L. Otsenka fizicheskogo razvitiya mal'chikov shkol'nogo vozrasta g. Sankt-Peterburga s ispol'zovaniem antropometricheskogo kal'kulyatora VOZ [Assessment of the physical development of boys of school age in St. Petersburg using the WHO anthropometric calculator] / V. L. Gritsinskaya // Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya [Population health and habitat]. – 2018. – №2(299). – P. 16-19. [in Russian]
4. Gorelik V. V. Otsenka fizicheskogo razvitiya i zdorov'ya shkol'nikov obshcheobrazovatel'noy shkoly [Assessment of physical development and health of schoolchildren of a general education school] / V. V. Gorelik // Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta [Bulletin of the Orenburg State University]. – 2010. – №6(112). – P. 69-73. [in Russian]
5. Bobrova G. V. Znachimost' zanyatiy sportom v voennom samoopredelenii kadet [The importance of playing sports in the military self-determination of cadets] / G. V. Bobrova // Uchenye zapiski universiteta Lesgafta [Uchenye zapiski Lesgaft University]. – 2017. – №6 (148). – P. 29-36. [in Russian]
6. Terekhova E. A. Fiziologo-gigienicheskaya kharakteristika usloviy obucheniya i vospitaniya i ikh vliyaniye na sostoyaniye zdorov'ya obuchayushchikhsya prezidentskogo kadetskogo uchilishcha: avtoref. dis. ... kand. med. nauk: 14.02.01 [Physiological and hygienic characteristics of the conditions of education and upbringing and their impact on the health status of students of the presidential cadet school: author. dis. ... cand. honey. Sciences: 14.02.01] / Terekhova Elena Alekseevna, Perm', 2017. – 24 p. [in Russian]
7. Sinel'nikov, I. Yu. Sostoyanie zdorov'ya rossiyskikh shkol'nikov: faktory vliyaniya, riski, perspektivy [The state of health of Russian schoolchildren: factors of influence, risks, prospects] / I. Yu. Sinel'nikov // Nauka i shkola [Science and school]. – 2016. – №3. – P. 70-83. [in Russian]
8. San'kov S. V. Gigienicheskaya otsenka vliyaniya na detey faktorov sovremennoy elektronnoy informatsionno-obrazovatel'noy sredy shkol [Hygienic assessment of the impact on children of the factors of the modern electronic information and educational environment of schools] / S. V. San'kov, V. R. Kuchma // Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. Elektronnoe izdanie [Bulletin of new medical technologies. Electronic edition]. – 2019. – Vol. 13. – №. 3. – P. 98-103. [in Russian]
9. Populyatsionnoe zdorov'e detskogo naseleniya, riski zdorov'yu i sanitarno-epidemiologicheskoe blagopoluchie obuchayushchikhsya: problemy, puti resheniya, tekhnologii deyatel'nosti [Population health of the child population, health risks and sanitary and epidemiological well-being of students: problems, solutions, technologies of activity] / L.M. Sukhareva, I. K. Rapoport, E.I. Shubochkina et al. // Gigena i sanitariya [Hygiene and sanitation]. – 2017. – №10. -P. 990-995. [in Russian]
10. Tat'yanina, E. V. Fiziologicheskaya adaptatsiya i psikhosomaticheskoe razvitie shkol'nikov v sovremennykh usloviyakh obrazovatel'nogo prostranstva [Physiological adaptation and psychosomatic development of schoolchildren in modern conditions of educational space] / E. V. Tat'yanin // Vestnik psikhofiziologii [Bulletin of Psychophysiology]. – Sankt-Peterburg. – №2. – 2020. – P. 49-56. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.118.4.089>**РАЦИОН ЛАМЫ ГУАНАКО (*LAMA GUANACOE*) НА СТЕПНОМ ПАСТБИЩЕ
В ДОЛИНЕ ЗАПАДНОГО МАНЫЧА**

Научная статья

Джапова Р.Р.¹, Бембева О.Г.^{2,*}, Джапова В.В.³, Казьмин В.Д.⁴, Медянников И.И.⁵¹ ORCID: 0000-0002-2197-5451;² ORCID: 0000-0003-0715-8794;³ ORCID: 0000-0001-9615-1214;^{1,3} Калмыцкий государственный университет имени Б.Б. Городовикова; Элиста, Россия;² Институт комплексных исследований аридных территорий; Элиста, Россия;⁴ Государственный биосферный заповедник «Ростовский», Ростовская обл., Россия;⁵ Ассоциация по сохранению и восстановлению редких и исчезающих животных «Живая природа степи», Ростовская обл., Россия

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

Аннотация

Лама гуанако (*Lama guanacoe* Statius Müller, 1776) относится к семейству Верблюдовые (Camelidae) подотряду мозолоногие (Tylopoda) отряду парнокопытные (Artiodactyla). Этот редкий вид занесен в Международную Красную книгу [1] и во II Приложение Конвенции о международной торговле дикими видами животных и растений [2]. Численность вида в природе сокращается, но исчезновение в ближайшее время не грозит [3].

В ассоциацию «Живая природа степи», расположенную на территории охранной зоны Государственного природного биосферного заповедника федерального значения «Ростовский», в течение 2013-2015 гг. из «Лама центра» – фермы, расположенной в Чехии недалеко от города Брно, были завезены 7 особей этого вида. В настоящее время их численность составляет 10 голов. Для содержания редких видов в условиях, отличающихся от их естественной среды обитания, важнейшим индикатором в оценке качества новой среды является оценка питания животных.

Цель нашего исследования – изучение рациона ламы гуанако в условиях степного пастбища в долине Западного Маныча.

Ключевые слова: рацион ламы гуанако, микроскопический кутикулярный копрологический анализ, степная зона.

THE DIET OF *LAMA GUANACOE* ON A STEPPE PASTURE IN THE VALLEY OF THE WESTERN MANYCH
Research article**Dzhapova R.R.¹, Bembeeva O.G.^{2,*}, Dzhapova V.V.³, Kazmin V.D.⁴, Medyannikov I.I.⁵**¹ ORCID: 0000-0002-2197-5451;² ORCID: 0000-0003-0715-8794;³ ORCID: 0000-0001-9615-1214,^{1,3} B.B. Gorodovikov Kalmyk State University, Elista, Russia;² Institute of Complex Studies of Arid Territories, Elista, Russia;⁴ State Biosphere Reserve "Rostov", Rostov region, Russia;⁵ Association for the Conservation and Restoration of Rare and Endangered Animals "Zhivaya Priroda Step", Rostov region, Russia

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

Abstract

The guanaco llama (*Lama guanacoe* Statius Müller, 1776) belongs to the Camelidae family, the Tylopoda suborder, and the Artiodactyla. This rare species is listed in the IUCN Red List of Threatened Species [1] and in Annex II of the Convention on International Trade in Wild Species of Animals and Plants [2]. The number of the species in nature is decreasing, but it is not threatened with extinction in the near future [3].

During 2013-2015, 7 individuals of this species were imported from the Lama Center, a farm located in the Czech Republic near the city of Brno, to the Association "Zhivaya priroda stepi" located on the territory of the protected zone of the State Natural Biosphere Reserve of Federal Significance "Rostovsky". Currently, their number is 10 heads. For the maintenance of rare species in conditions different from their natural habitat, the most important indicator in assessing the quality of the new environment is the assessment of animal nutrition.

The purpose of the study is to examine the diet of the guanaco llama in the conditions of a steppe pasture in the West Manych Valley.

Keywords: guanaco llama diet, microscopic cuticular coprological analysis, steppe zone.

Введение

Лама гуанако является одним из двух видов диких безгорбых верблюдов Южной Америки. Прирученных гуанако использовали как вьючных животных, а также для получения шерсти и меха, из которых до сих пор делают одежду и украшения. Вид непривередлив в выборе мест обитания: животное может жить как на высоте уровня моря, так и в горах до 4500 м, в засушливых степях, саваннах, местами даже в лесах. В естественной среде обитания гуанако питаются свежей зеленью. Их рацион состоит из травы, молодых побегов кустарников и деревьев, а также лишайники и мха. В периоды бескормицы ламы поедают сухую траву, ветки низкорослых кустарников и лишайники [4].

Материал и методы

Полевой материал собран в августе и октябре 2021 года на пастбищах охранной зоны заповедника «Ростовский» (см. рисунок).



Рис. 1 – Фото *Lama guanacoe* на пастбище, октябрь, 2021 г.

Растительный покров территории входит в подзону дерновиннозлаковой степи. Описания растительности проводились в соответствии с общепринятыми методами [5], названия почв приведены в статье по классификации почв СССР [6], латинские названия видов растений – по С.К. Черепанову [7].

Для определения видового состава растений, потребляемых животными, использовали метод микрогистологического кутикулярного копрологического анализа [8], [9], [10], [11]. Свежие образцы помета гуанако (по 10 образцов в каждый сезон) отбирали параллельно с описаниями растительности. Отобранные образцы помета перемешивали и из этой смеси отбирали 3 образца для выявления в них фрагментов кутикулы съеденных животными растений. Из образцов, полученных в летний сезон, выделили 300 фрагментов кутикулы разных видов растений, из осенних образцов – 315 фрагментов.

Фотографии фрагментов кутикулы растений из экскрементов животных выполнены на микроскопе Nikon Eclipse E 200 с 500-кратным увеличением. Для дальнейшей обработки фотографий использовали программы Microsoft Office Picture Manager 2010, PowerPoint 2010. Для идентификации кутикулярных фрагментов из экскрементов использовали атлас фотографий клеточной структуры кутикулы видов растений степной и пустынной зон на территории Республики Калмыкия и Ростовской области [12], а также созданную нами электронную базу фотографий структуры кутикулы растений на исследуемой территории. После идентификации фрагментов кутикулы из помета виды растений объединили в основные группы кормовых растений: злаки, осоки, разнотравье [13]. Статистическая обработка материалов выполнена в программе Microsoft Excel 2013.

Результаты и их обсуждение

Степное пастбище, на котором вольно выпасались животные, расположено на водоразделе между двумя водоемами (озера Маныч и Грузское) с различающимися по структуре растительными сообществами на вершине водораздела, его южном и северном склонах. Пастбище включает в себя также участок с залежной растительностью на бывшей пашне.

Растительность водораздельного участка образована комплексом из трех фитоценозов: однолетниково-дерновиннозлакового с разнотравьем на каштановых почвах, лерхопопынного на солончах средних и разнотравно-злакового на лугово-каштановых почвах. В однолетниково-дерновиннозлаковом с разнотравьем растительном сообществе доминируют многолетние злаки: житняк пустынный *Agropyron desertorum*, овсяница валисская *Festuca valesiaca*, ковыль Лессинга *Stipa lessingiana*. В лерхопопынном фитоценозе доминирует полынь Лерха *Artemisia lerchiana*. Весной и осенью в фитоценозах развивается эфемероид мятлик луковичный *Poa bulbosa*. В разнотравно-злаковом фитоценозе доминируют многолетние злаки: ковыль Лессинга *S. lessingiana*, ковыль волосовидный *S. capillata*, житняк гребневидный *Agropyron pectinatum*, типчак *F. valesiaca*, пырей ползучий *Elytrigia repens*. Разнотравье представлено тысячелистником обыкновенным *Achillea millefolium*, чертополохом колючим *Carduus acanthoides*, полынь австрийской *A. austriaca*. Растительность залежного участка представлена бурьянистыми однолетниковыми растительными сообществами. В летний и осенний период активно вегетируют лебеда татарская *Atriplex tatarica*, выюнок полевой *Convolvulus arvensis*, бассия очитковидная *Bassia sedoides*, горец отклоненный *Polygonum patulum*. На пастбищном участке для лам гуанако нами зарегистрировано около 100 видов растений.

В результате идентификации фрагментов кутикулы из образцов помета в летний и осенний сезоны 2021 года в составе рациона ламы гуанако выявлено около 30 видов растений (табл.). Следует отметить, что в таблице приведены 27 видов растений и 2 рода, (виды *Stipa lessingiana*, *S. capillata*, а также *Atriplex aucheri*, *A. tatarica* объединены в роды),

поскольку идентификация родовой принадлежности фрагментов кутикулы не вызывала сомнений, а их видовая идентификация была затруднена. Отдельные растительные фрагменты не удалось определить до рода, в таблице они отмечены как «неопределенные фрагменты», но то, что они относятся к злакам или разнотравью, сомнению не подлежит, так как структура кутикулы злаков совершенно иная в сравнении со структурой кутикулы видов разнотравья.

Таблица 1 – Состав рациона ламы в разные сезоны 2021 г.

№	Виды и кормовые группы растений	Лето, %	Осень, %
1	<i>Agropyron desertorum</i> (Fisch.ex Link) Schult.	7,5±0,8	5,3±1,5
2	<i>Bromopsis inermis</i> Holub.	3,7±1,7	6,3±1,9
3	<i>Elytrigia repens</i> (L.) Nevski	1,2±1,0	5,4±0,7
4	<i>Eragrostis minor</i> Host	0,3±0,4	0,9±1,1
5	<i>Festuca valesiaca</i> Gaudin	6,5±0,7	10,1±1,0
6	<i>Poa bulbosa</i> L.	6,6±1,9	5,4±2,3
7	<i>Stipa</i> sp.	2,2±0,4	1,9±1,8
	Неопределенные фрагменты злаков	0,6±0,8	0,3±0,3
	Всего злаков	28,6±3,8	35,6±7,4
8	<i>Carex stenophylla</i> Wahlenb.	5,6±1,1	1,2±0,3
	Всего осок	5,6±1,1	1,2±0,3
9	<i>Achillea millefolium</i> L.	1,6±0,4	0,3±0,3
10	<i>Alhagi pseudalhagi</i> (Bieb.) Fisch.	0,6±0,4	0,0
11	<i>Artemisia austriaca</i> Jacq.	10,2±1,8	6,6±1,9
12	<i>Artemisia lerchiana</i> Web.	1,9±0,7	0,0
13	<i>Atriplex</i> sp.	12,4±0,8	21,6±1,5
14	<i>Bassia sedoides</i> (Pall.) Aschers.	11,2±1,6	4,4±1,5
15	<i>Cardaria draba</i> (L.) Desv.	0,0	0,6±0,4
16	<i>Centaurea diffusa</i> Lam.	1,3±0,4	1,2±0,9
17	<i>Ceratocarpus arenarius</i> L.	2,1±1,5	4,4±3,2
18	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	1,3±1,6	0,0
19	<i>Galium verum</i> L.	1,8±1,3	0,6±0,7
20	<i>Kochia prostrata</i> (L.) Schrad.	0,6±0,4	0,9±0,7
21	<i>Limonium gmelinii</i> (Willd.) Kuntze	0,3±0,4	0,0
22	<i>Matricaria recutita</i> L.	0,9±0,7	2,4±1,0
23	<i>Medicago romanica</i> Prodan	5,2±1,2	6,4±1,7
24	<i>Phlomis pungens</i> Willd.	0,0	1,4±0,9
25	<i>Polygonum patulum</i> M. Bieb.	7,8±1,6	4,1±1,7
26	<i>Potentilla bifurca</i> L.	0,3±0,4	0,6±0,7
27	<i>Salvia stepposa</i> Shost.	0,9±0,6	2,6±2,1
28	<i>Sisymbrium loeselii</i> L.	0,3±0,4	0,0
29	<i>Vicia cracca</i> L.	3,1±0,9	3,3±1,2
	Неопределенные фрагменты разнотравья	1,9±1,8	1,9±1,4
	Всего разнотравья	65,8±4,3	63,2±7,7

Летний рацион животных представлен видами растений всех кормовых групп, в процентном отношении из которых преобладает разнотравье – 65.8%. Преобладающими в рационе гуанако среди разнотравья являются виды рода *Atriplex* (12.4%), *Bassia sedoides* (11.2%), *Artemisia austriaca* (10.2%), *Polygonum patulum* (7.8%), *Medicago romanica* (5.2%). Доля в рационе остальных представителей разнотравья в пределах от 0.3 до 3.1% и суммарно составляет около 19%. На злаковые растения приходится 28.6%, среди них в летнем рационе ламы преобладают *Agropyron desertorum* (7.5%), *Poa bulbosa* (6.6%), *Festuca valesiaca* (6.5%), *Bromopsis inermis* (3.7%). Доля этих 4 видов злаков составляет около 85% от общего количества злаков в рационе. Кормовая группа осок представлена единственным видом – *Carex stenophylla* и составляет 5.6% в летнем рационе животных.

Видовое разнообразие осеннего рациона ламы гуанако на 10% ниже летнего. Доля разнотравья в осеннем рационе составила 63.2%, злаков – 35.6%, осок – 1.2%. Из разнотравья треть рациона составляют виды рода *Atriplex* (21.6%), высока доля *Artemisia austriaca* (6.6%), *Medicago romanica* (6.4%), *Bassia sedoides* (4.4%), *Ceratocarpus arenarius* (4.4%), *Polygonum patulum* (4.1%), *Vicia cracca* (3.3%). Менее значимы в процентном соотношении *Salvia stepposa* (2.6%), *Matricaria recutita* (2.4%), *Phlomis pungens* (1.4%), *Centaurea diffusa* (1.2%). Участие в рационе видов *Achillea millefolium*, *Cardaria draba*, *Galium verum*, *Kochia prostrata*, *Potentilla bifurca* варьирует от 0.3 до 0.9%.

Доля злаков в осеннем рационе составила 35.6%, внутри этой кормовой группы растений превалирует *Festuca valesiaca* (10.1%), на втором месте *Bromopsis inermis* (6.3%), доля видов *Elytrigia repens*, *Poa bulbosa*, *Agropyron desertorum* - выше 5%. На виды рода *Stipa* (*S. lessingiana* и *S. capillata*) приходится 1.9%, на *Eragrostis minor* – 0.9%. Доля осок в осеннем рационе гуанако составила 1.2%.

Заключение

Сравнение летнего и осеннего рационов ламы гуанако на пастбище в подзоне дерновиннозлаковой степи долины Западного Маныча показало, что в исследованные сезоны животные предпочитают виды разнотравья из имеющихся на пастбище кормовых групп растений. Доля разнотравья в рационе животных составила 63.2 - 65.8% летом и осенью.

Доля злаков в рационе животных в летний сезон составила 28.6%, в осенний – 35.6%. Повышение доли злаковых растений в осенний сезон связано со вторичной вегетацией видов этой группы, когда отрастающие осенью побеги злаков представляют сочный и питательный корм для животных. Участие осок в летнем рационе составляет 5.6%, в осеннем – 1.2%, доля осоки узколистной в осенний период снизилась в процентном отношении и на пастбище в связи с активной вегетацией злаковых растений. Таким образом, проведенное исследование показало, что лама гуанако на степном пастбище в долине Западного Маныча предпочитает виды разнотравья в летний и осенний сезоны.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Wilson D. E. Mammal Species of the World. / D. E. Wilson, D. M. Reeder // A Taxonomic and Geographic Reference (3rd ed.). – Baltimore: Johns Hopkins University Press. 2005. – 2 vols.
2. Торговля дикими животными и растениями в России и Центральной Азии / Сост. И.Е. Честин. – ТРАФФИК Европы. 1998. – 206 с.
3. Факты о гуанако // Samlib [Электронный ресурс]. – URL: http://samlib.ru/k/kaminjar_d_g/guanaco.shtml (дата обращения: 12.03.2022).
4. Лама // Планета животных [Электронный ресурс]. – URL: <https://planetanimal.ru/lama> (дата обращения: 12.03.2022).
5. Общесоюзная инструкция по проведению геоботанического обследования природных кормовых угодий и составлению крупномасштабных геоботанических карт. – М.: Колос. 1984. – 105 с.
6. Егоров В. В. Классификация и диагностика почв СССР / В. В. Егоров, Е. Н. Иванова, В. М. Фридланд. – М.: Колос. 1977. – 225 с.
7. Черепанов С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). – Л.: Наука. 1995. – 990 с.
8. Stewart D.R.M. Analysis of plant epidermis in faeces: a technique for Studying the food preferences of grazing herbivores / D.R.M. Stewart // Journal of Applied Ecology. – 1967. – V. 4. – P. 83-111.
9. Розенфельд С. Б. Применение кутикулярного копрологического анализа в изучении состава кормов копытных в Калмыкии и Монголии / С. Б. Розенфельд, К. О. Ларионов // Актуальные проблемы экологии и эволюции в исследованиях молодых ученых. – М.: Товарищество научных изданий КМК. 2006. – С. 117-141.
10. Розенфельд С. Б. Атлас микрофотографий кутикулярной структуры эпидермиса кормовых растений позвоночных фитофагов тундровой и степной зон Евразии (электронное издание). / С. Б. Розенфельд – М.: Товарищество научных изданий КМК. 2011. – [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.sevin.ru> (дата обращения: 12.03.2022)
11. Оценка рациона растительных животных методом микрогистологического кутикулярного копрологического анализа / Р. Р. Джапова, О. Г. Бембеева, Е. Ч. Аюшева и др. – Элиста: Изд-во Калм. ун-та. 2020. – 80 с.
12. Атлас эталонных образцов кутикулярной структуры эпидермиса различных видов растений степной и пустынной зон. / Джапова Р.Р., Аюшева Е.Ч., Бембеева О.Г. и др. – Элиста: Изд-во Калм. ун-та. 2019 – 94 с.
13. Кормовые растения сенокосов и пастбищ. Т. 1 М.-Л. / И. В. Ларин, Ш. М. Агабабян, Т. А. Работнов и др. // Государственное изд-во сельскохозяйственной литературы. – 1950. – 588 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Wilson D. E. Mammal Species of the World. / D. E. Wilson, D. M. Reeder // A Taxonomic and Geographic Reference (3rd ed.). – Baltimore: Johns Hopkins University Press. 2005. – 2 vols.
2. Topgovlja dikimi zhivotnymi i pastenijami v Rossii i Centpal'noj Azii / Compiled by I.E. Chestin. TRAFFIK Evropy. 1998. – p. 206 [in Russian]
3. Fakty o guanako [Facts about the guanaco] // Samlib – [Electronic resource] – URL: http://samlib.ru/k/kaminjar_d_g/guanaco.shtml (accessed: 12.03.2022) [in Russian]
4. Lama // Planeta zhivotnykh [Animal Planet]. – [Electronic resource] – URL: <https://planetanimal.ru/lama> (accessed: 12.03.2022) [in Russian]
5. Obshhesojuznaja instrukcija po provedeniju geobotanicheskogo obsledovaniya prirodnyh kormovyh ugodij i sostavleniju krupnomasshtabnyh geobotanicheskikh kart [All-Union Instruction on Conducting a Geobotanical Survey of Natural Forage Lands and Drawing Up Large-Scale Geobotanical Maps]. M.: Kolos. 1984. – p. 105 [in Russian]
6. Klassifikacija i diagnostika pochv SSSR [Classification and Diagnostics of Soils of the USSR] / V.V. Egorov, E.N. Ivanova, V.M. Fridland. M.: Kolos. 1977. – p. 225 [in Russian]
7. Cherepanov S.K. Sosudistye rastenija Rossii i sopredel'nyh gosudarstv (v predelakh byvshego SSSR) [Vascular Plants of Russia and Neighboring States (Within the Former USSR)]. / S.K. Cherepanov – L.: Nauka. 1995. – p. 990 [in Russian]
8. Stewart D.R.M. Analysis of plant epidermis in faeces: a technique for Studying the food preferences of grazing herbivores // Journal of Applied Ecology. V. 4. 1967. – P. 83–111.
9. Rozenfel'd S.B., Larionov K.O. Primenenie kutikuljarnogo koprolodicheskogo analiza v izuchenii sostava kormov kopytnykh v Kalmykii i Mongolii [Application of Cuticular Coprological Analysis in the Study of the Composition of Ungulate Forage in Kalmykia and Mongolia] / S.B. Rozenfel'd, K.O. Larionov // Aktual'nye problemy jekologii i jevoljucii v issledovanijah molodyh uchenykh [Actual Problems of Ecology and Evolution in the Research of Young Scientists]. M.: Tovarishhestvo nauchnykh izdanij KMK. 2006. – pp. 117-141. [in Russian]

10. Rozenfel'd S.B. Atlas mikrofotografij kutikuljarnoj struktury jepidermisa kormovyh rastenij pozvonocnyh fitofagov tundrovoj i stepnoj zon Evrazii [Atlas of Microphotographs of the Cuticle Structure of the Epidermis of Forage Plants of Vertebrate Phytophages of Tundra and Steppe Zones of Eurasia] [Electronic resource]. / S.B. Rozenfel'd – M.: Tovarišhestvo nauchnyh izdanij KMK. 2011. – URL: <http://www.sevin.ru> (accessed: 12.03.2022) [in Russian]

11. Ocenka racionalnogo rastitel'nojadnyh zhivotnyh metodom mikrogistologičeskogo kutikuljarnogo koprologičeskogo analiza [Evaluation of the Diet of Herbivorous Animals by Microhistological Cuticular Coprological Analysis] / R.R. Dzhapova, O.G. Bembeeva, E.Ch. Ajuševa et al. – Jelista: Publishing house Kalm. un-ta. 2020. – p. 80 [in Russian]

12. Atlas jetalonnyh obrazcov kutikuljarnoj struktury jepidermisa različnyh vidov rastenij stepnoj i pustynnoj zon [Atlas of Reference Samples of the Cuticular Structure of the Epidermis of Various Plant Species of Steppe and Desert Zones]. / R.R. Dzhapova, E.Ch. Ajuševa, O.G. Bembeeva et al. – Jelista: Publishing house Kalm. un-ta. 2019 – p. 94: photo 162. [in Russian]

13. Kormovye rastenija senokosov i pastbišh [Fodder Plants of Hayfields and Pastures]. Vol. 1 / I.V. Larin, Sh.M. Agagabjan, T.A. Rabotnov et al. – M.-L.: Publishing house of sel'skhozjajstvennoj literature. 1950. – p. 588 [in Russian].

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.118.4.090>**ВЛИЯНИЕ *BACILLUS SUBTILIS* НА МИКОРИЗАЦИЮ РАСТЕНИЙ ПШЕНИЦЫ
НА ЗАГРЯЗНЕННОЙ ПОЧВЕ КАДМИЕМ**

Научная статья

Курамшина З.М.^{1,*}, Смирнова Ю.В.², Хайруллина Р.М.³¹ ORCID: 0000-0001-9506-3458;^{1,2} Стерлитамакский филиал Башкирского государственного университета, Стерлитамак, Россия;³ Институт биохимии и генетики УФИЦ РАН, Уфа, Россия

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

Аннотация

Целью работы явилось изучение влияния инокуляции семян пшеницы эндофитными штаммами *Bacillus subtilis* и кадмия на микоризацию корней.

Было показано, что наличие кадмия в почве подавляло образование микоризных грибов в корнях пшеницы в случае, если семена не обрабатывались бактериями. С увеличением концентрации ионов кадмия в почве токсический эффект металла на микоризу усиливался. Показано, что токсический эффект кадмия был менее выражен у растений, инокулированных бактериями *B. subtilis*, чем у необработанных.

Ростостимулирующий и антистрессовый эффекты исследуемых бактерий, позволяют рассматривать эти бактерии как перспективные средства защиты растений от токсических эффектов кадмия.

Ключевые слова: *Bacillus subtilis*, кадмий, эндофит, микориза, *Triticum aestivum*.

INFLUENCE OF BACILLUS SUBTILIS AND CADMIUM ON THE MYCORRHIZATION OF WHEAT PLANTS

Research article

Kuramshina Z.M.^{1,*}, Smirnova Y.V.², Khairullina R.M.³¹ ORCID: 0000-0001-9506-3458;^{1,2} Sterlitamaksky Branch of the Bashkir State University, Sterlitamak, Russia;³ Institute of Biochemistry and Genetics – Subdivision of the Ufa Federal Research Center of Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

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

Abstract

The aim of the work was to study the effect of inoculation of wheat seeds by endophytic strains of *Bacillus subtilis* on root mycorrhization under the influence of cadmium.

It was shown that cadmium in the soil suppressed the formation of mycorrhizal fungi in wheat roots if the seeds were not treated with bacteria. With an increase in the concentration of cadmium ions in the soil, the toxic effect of the metal on mycorrhiza increased. It was shown that the toxic effect of cadmium was less pronounced in plants inoculated with *B. subtilis* bacteria than in untreated plants.

The growth-stimulating and anti-stress effects of the studied bacteria allow us to consider these bacteria as promising means of protecting plants from the toxic effects of cadmium.

Keywords: *Bacillus subtilis*, cadmium, endophyte, mycorrhization, *Triticum aestivum*.

Introduction

Due to the development of industry and transport networks in the world the pollution of agricultural soils with heavy metals is intensified, which is a serious environmental problem of our time [1, P. 111-121]. Heavy metals, being dangerous toxicants, disrupt interactions in the "soil-plants" system, inhibit the vital activity of macro- and microorganisms, change the properties of the soil. Due to the continuous use of chemical pesticides in crop production the activity of protective physiological processes can decrease and that supports enter in plants toxic elements violating metabolism. [2, P. 84-102]. Therefore, the urgency of developing biological plant protection from pests and immunizers increasing resistance of plant cells to stress factors is increasing. Among these agents, special attention is drawn to the drugs based endophytic microorganisms through their ability to penetrate into the plant tissue and mutualistic coexist with the host plant. Some types of such bacteria, for example, *Bacillus subtilis* are capable of producing different in structures antibiotics, enzymes and other biologically active substances [3, P. 225-250], which protect plants from phytopathogens, stimulate growth, improve mineral nutrition, increase plant resistance to various stressors including the action of heavy metals [4, P. 648-654]. Despite the positive results of certain drugs on the basis of living cells of endophytic bacterial strains *B. subtilis* use, their biological properties and ecological role remain poorly understood. For example, in scientific literature there is no information of the effect of endophytic *B. subtilis*, inhibiting the growth of pathogenic microorganisms, on mycorrhizal fungi. The role of endophytic bacteria in the formation of endomycorrhiza under condition of the toxic effect of various compounds, including heavy metals, is not clear also.

The aim of this work is to study the effect of inoculation of wheat by endophytic bacterial strains *Bacillus subtilis*, capable to serve the basis of commercial Chemical fertilizers, on the mycorrhization of roots under the impact of cadmium.

Research methods and principles

Laboratory experiments were conducted with the plants of *Triticum aestivum* L. (Omskaya 35). Before sowing, the seeds were washed in water, surface-sterilized with 96% ethanol, rinsed in distilled water, and dried. In the experiments, we used bacteria *Bacillus subtilis* strain 26D (VNIISKhM, no. 128) and strain 11VM (VNIISKhM, no. 519). The seeds were treated with bacteria in a laminar-flow box; for inoculation, we used 20-h-old culture grown on beef extract agar at 37°C. Bacterial cells were

washed with 0.01 M KCl. Cell suspension was adjusted to the required concentration (10^6 cells/mL) by optical density. Consumption of bacterial suspension was 20 μ L per gram of seeds. The seeds were mixed with bacterial suspension in a round-bottomed flask and left for an hour, then used in the experiments. Control seeds were treated with distilled water. Inoculated and control seeds were placed in 8-liter pots containing 2 kg of leached chernozem soil (clay-illuvial chernozems) selected in the forest-steppe zone of the Republic of Bashkortostan (humus content - 9-10%, pH 6, the background content of cadmium is 0.1 mg/kg). The plants were grown at a temperature of 18 to 20 °C under fluorescent lamps (12 KLX) with a 16-hour photoperiod. Each pot accommodated 150 seeds sown at a depth of 1 cm. In the experiments, we used solutions of $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ at concentrations of 10 and 200 mg/kg soil in terms of metal ions. After 60 days, 50 plants were selected from each variant together with the root system, which was then separated, washed in running water and stained by the Trouvelot method (1986) with trypan blue to visualize the structures of vesicular-arbuscular mycorrhiza. According to the methodology of the same authors, the frequency of occurrence was estimated mycorrhizae, the degree of colonization by mycorrhizae, the prevalence of arbuscules and vesicles. Using the computer program «Mycocalc» the frequency (F%) and intensity (M%) of mycorrhizal colonization in the root system were calculated [5, P. 217–221].

The statistical analysis was performed by standard methods using Microsoft Office Excel. To assess the significance of differences in mean values Student's t-test was used. The tables show mean values and their standard deviations.

Results and discussion

The seed treatment with bacterial spores of both strains decreased the frequency of mycorrhizae in roots of wheat in control values by an average of 32%, the intensity - by 55% (see table 1), which corresponded to the data had been obtained previously [6, P. 172-182]. The presence of heavy metals in the soil suppressed the formation of mycorrhizal fungi in the roots of culture in case it seeds were not treated with any of the bacterial preparations. With increasing concentration of the metal ions such negative effect magnified. The F indicator decreased when exposed to cadmium at a concentration of 10 and 200 mg / kg by 35.5 and 72%, respectively, as compared with the control variant, where cadmium salt was no added to the soil and seeds were not treated; the M indicator decreased by 58 and 82%, respectively.

Table 1 – The Effect of inoculation by bacteria *B. subtilis* on the frequency (F%) and intensity of mycorrhization (M%) of plant roots in the conditions of soil contamination with cadmium

Variant	Control	Cadmium mg / kg	
		10	200
F%			
No treatment	87,3±1,5	56,3±2,6	24,3±1,4
<i>B. subtilis</i> 26D	59,3±2,0	65,7±3,0	46,0±2,1
<i>B. subtilis</i> 11VM	60,0±1,9	53,9±5,2	47,3±2,8
M%			
No treatment	1,7±0,1	0,7±0,1	0,3±0,1
<i>B. subtilis</i> 26D	0,7±0,1	1,6±0,2	0,8±0,1
<i>B. subtilis</i> 11VM	0,8±0,1	0,9±0,1	0,8±0,1

The pretreatment of plant seeds with bacterial preparations, in most cases, under the toxic effect of metal ions, especially in their high concentrations, didn't allow to achieve mycorrhization indicators equal to those observed in plants pretreated with bacteria and those did not experience the stress of soil contamination.

At the same time, when the seeds were treated with endophytes, indicators mycorrhization frequency and intensity under the action of metals, generally decreased in comparison with plants which grew in the contaminated soil, but were inoculated with spores of bacteria.

In plants of wheat treated with bacilli, the frequency and intensity of mycorrhization when exposed to cadmium ions at a concentration of 10 and 200 mg / kg were were by 1.8 and 2.6 times, respectively, than those of bacteria uninoculated plants.

As a result of these experiments it was found out that pre-sowing seed inoculation resulted in increase of plant biomass. In wheat the stimulating effect was more pronounced in the root system than in shoots. In treating plants by *B. subtilis* strain 26D and 11VM the weight of wheat roots was increased by 18%, shoot - by 10-13%, respectively.

Low concentrations of cadmium ions as well as treating by bacteria stimulate plant growth, the effect of metals and bacilli was comparable to each other. It was noted slight synergistic effect of pretreatment endophytic strains seeds and low concentrations of metals. Cadmium at a high concentration (200 mg / kg) inhibited the growth of the plant root system of wheat 14%, the biomass of shoots was almost unchanged. Under exposed to high concentrations of metal, the growth inhibition of plants pretreated with bacilli was not observed.

We have previously suggested that the reduction of mycorrhiza formation in the roots of wheat is a comprehensive indicator of biological activity of endophytic bacilli, such as antagonistic. It is known that *B. subtilis* can synthesize a large number of various metabolites (different structures antibiotics, enzymes and other biologically active substances), inhibiting the development of pathogenic fungi. *B. subtilis* strain 26D and 11VM are active endophytes populating the rhizosphere, the root surface (rhizoplane) and penetrating into the root system [6, P. 172-182]. It is likely that there is a primary competition between bacilli and mycorrhizal fungi for colonization of plant tissues.

The growth-stimulating effect of bacteria is probably related to the fact that bacilli can produce phytohormone-like substances, increase the content of nutrients in plant-available form and inhibit the growth of pathogenic micro-organisms [7, P. 507–513], [8], [9], [10, P. 269-277].

Conclusion

Thus, the decrease in mycorrhiza formation occurred in the root system of wheat plants pretreated by bacterial cells, which is a complex indicator of the biological activity of endophytic bacilli. In wheat plants pre-treated with bacilli under cadmium stress, the decrease in mycorrhiza formation was less pronounced than in uninoculated ones. The endophytic strains of *B. subtilis* 26D and 11BM, as we showed before [10, P. 269-277], reduce the degree of development of oxidative stress in plants under the action of heavy metals. Changes in mycorrhiza of plants treated by bacteria under the action of cadmium prove that bacilli reduce the toxic effect of pollutants and influence complex processes in the rhizosphere, which provides a fine link between the plant, microorganisms and soil.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Wang X. Application and Mechanisms of *Bacillus subtilis* in Biological Control of Plant Disease Role of Rhizospheric Microbes in Soil / X. Wang, D.-L. Zhao, L.L. Shen et al. – Singapore: Springer, 2018. – 400 p. – [Electronic resource]. URL: https://www.researchgate.net/publication/325132556_Application_and_Mechanisms_of_Bacillus_subtilis_in_Biological_Control_of_Plant_Disease. DOI: 10.1007/978-981-10-8402-7_9 (accessed: 12.03.2022)
2. Trouvelot A. Mesure du taux de mycorhization VA d'un système racinaire. Recherche de méthodes d'estimation ayant une signification fonctionnelle Physiological and Genetical Aspects of Mycorrhizae / A. Trouvelot, N. Kough, V. Gianinazzi-Pearson – Paris: INRA Press, 1986. – 832 p.
3. Мелентьев А.И. Аэробные спорообразующие бактерии *Bacillus* Cohn в агроэкосистемах / А.И. Мелентьев – М.: Наука, 2007. – 148 с.
4. Franco-Franklin V. Are endophytic bacteria an option for increasing heavy metal tolerance of plants? A meta-analysis of the effect size. / V. Franco-Franklin, S. Moreno-Riascos, T. Ghneim-Herrera // *Frontiers in Environmental Science*. – 2021. – 8. – [Electronic resource]. URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenvs.2020.603668/full>. DOI: 10.3389/fenvs.2020.603668 (accessed: 12.03.2022)
5. Chebotar' V.K. Biodiversity of endophytic bacteria as a promising biotechnological resource. / V.K. Chebotar', A.V. Shcherbakov, S.N. Maslennikova et al. // *Agricultural Biology*. – 2015. – 50(5). – p. 648-654. – [Electronic resource]. URL: https://www.researchgate.net/publication/283805342_Biodiversity_of_endophytic_bacteria_as_a_promising_biotechnological_resource. DOI: DOI: 10.15389/agrobiol.2015.5.648eng
6. Kuramshina Z.M. Cadmium and nickel toxicity for *Sinapis alba* plants inoculated with endophytic strains of *Bacillus subtilis*. / Z.M. Kuramshina, Yu.V. Smirnova, R.M. Khairullin // *Russian Journal of Plant Physiology*. – 2018. – 65(2). – p. 269-277. – [Electronic resource]. URL: <https://link.springer.com/article/10.1134%2FS1021443718010077>. DOI: 10.1134/S1021443718010077 (accessed: 12.03.2022)
7. Mahar A. Challenges and opportunities in the phytoremediation of heavy metals contaminated soils: A review. / A. Mahar, P. Wang, A. Ali et al. // *Ecotoxicology Environmental Safety*. – 2016. – 126. – p. 111-121. – [Electronic resource]. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0147651315302116?via%3Dihub>. (accessed: 12.03.2022) DOI: 10.1016/j.ecoenv.2015.12.023
8. Arkhipova T.N. Comparison of the effects of bacterial strains that differ in their ability to synthesize cytokinins on growth and cytokinin content in wheat plants. / T.N. Arkhipova, S.Y. Veselov, A.I. Melentev et al. // *Russian Journal of Plant Physiology*. – 2006. – 53(4). – p. 507-513. – [Electronic resource]. URL: <https://link.springer.com/article/10.1134%2FS1021443706040121>. (accessed: 12.03.2022) DOI: 10.1134/S1021443706040121
9. Madhu P.M. Effect of Heavy Metals on Growth and Development of Cultivated Plants with Reference to Cadmium, Chromium and Lead – A Review. / P.M. Madhu, R.S. Sadagopan // *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*. – 2020. – 3. – p. 84-102. – [Electronic resource]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/effect-of-heavy-metals-on-growth-and-development-of-cultivated-plants-with-reference-to-cadmium-chromium-and-lead-a-review>. (accessed: 12.03.2022)
10. Egorshina A.A. Phosphate-mobilizing activity of endophytic *Bacillus subtilis* strains and their effect on the degree of mycorrhization of wheat roots. / A.A. Egorshina, R.M. Khairullin, M.A. Lukyantsev et al. // *Journal of Siberian Federal University. A series of "Biology"*. – 2011. – 4(2). – p. 172-182. – [Electronic resource]. URL: <http://journal.sfu-kras.ru/en/article/2555>. (accessed: 12.03.2022) DOI: 10.17516/1997-1389-0179

Список литературы на английском языке / References in English

1. Wang X. Application and Mechanisms of *Bacillus subtilis* in Biological Control of Plant Disease Role of Rhizospheric Microbes in Soil / X. Wang, D.-L. Zhao, L.L. Shen et al. – Singapore: Springer, 2018. – 400 p. – [Electronic resource]. URL: https://www.researchgate.net/publication/325132556_Application_and_Mechanisms_of_Bacillus_subtilis_in_Biological_Control_of_Plant_Disease. DOI: 10.1007/978-981-10-8402-7_9 (accessed: 12.03.2022)
2. Trouvelot A. Mesure du taux de mycorhization VA d'un système racinaire. Recherche de méthodes d'estimation ayant une signification fonctionnelle Physiological and Genetical Aspects of Mycorrhizae / A. Trouvelot, N. Kough, V. Gianinazzi-Pearson – Paris: INRA Press, 1986. – 832 p.
3. Melent'ev A.I. Aerobny'e sporeobrazuyushhie bakterii *Bacillus* Cohn v agro'ekosistemax [Aerobic spore-forming bacteria *Bacillus* Cohn in agroecosystems] / A.I. Melent'ev – М.: Nauka, 2007. – 148 p. [in Russian]
4. Franco-Franklin V. Are endophytic bacteria an option for increasing heavy metal tolerance of plants? A meta-analysis of the effect size. / V. Franco-Franklin, S. Moreno-Riascos, T. Ghneim-Herrera // *Frontiers in Environmental Science*. – 2021. – 8. – [Electronic resource]. URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenvs.2020.603668/full>. DOI: 10.3389/fenvs.2020.603668 (accessed: 12.03.2022)
5. Chebotar' V.K. Biodiversity of endophytic bacteria as a promising biotechnological resource. / V.K. Chebotar', A.V. Shcherbakov, S.N. Maslennikova et al. // *Agricultural Biology*. – 2015. – 50(5). – p. 648-654. – [Electronic resource]. URL:

https://www.researchgate.net/publication/283805342_Biodiversity_of_endophytic_bacteria_as_a_promising_biotechnological_resource. DOI: DOI: 10.15389/agrobiology.2015.5.648eng

6. Kuramshina Z.M. Cadmium and nickel toxicity for *Sinapis alba* plants inoculated with endophytic strains of *Bacillus subtilis*. / Z.M. Kuramshina, Yu.V. Smirnova, R.M. Khairullin // Russian Journal of Plant Physiology. – 2018. – 65(2). – p. 269-277. – [Electronic resource]. URL: <https://link.springer.com/article/10.1134%2FS1021443718010077>. DOI: 10.1134/S1021443718010077 (accessed: 12.03.2022)

7. Mahar A. Challenges and opportunities in the phytoremediation of heavy metals contaminated soils: A review. / A. Mahar, P. Wang, A. Ali et al. // Ecotoxicology Environmental Safety. – 2016. – 126. – p. 111-121. – [Electronic resource]. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0147651315302116?via%3Dihub>. (accessed: 12.03.2022) DOI: 10.1016/j.ecoenv.2015.12.023

8. Arkhipova T.N. Comparison of the effects of bacterial strains that differ in their ability to synthesize cytokinins on growth and cytokinin content in wheat plants. / T.N. Arkhipova, S.Y. Veselov, A.I. Melentev et al. // Russian Journal of Plant Physiology. – 2006. – 53(4). – p. 507-513. – [Electronic resource]. URL: <https://link.springer.com/article/10.1134%2FS1021443706040121>. (accessed: 12.03.2022) DOI: 10.1134/S1021443706040121

9. Madhu P.M. Effect of Heavy Metals on Growth and Development of Cultivated Plants with Reference to Cadmium, Chromium and Lead – A Review. / P.M. Madhu, R.S. Sadagopan // Journal of Stress Physiology & Biochemistry. – 2020. – 3. – p. 84-102. – [Electronic resource]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/effect-of-heavy-metals-on-growth-and-development-of-cultivated-plants-with-reference-to-cadmium-chromium-and-lead-a-review>. (accessed: 12.03.2022)

10. Egorshina A.A. Phosphate-mobilizing activity of endophytic *Bacillus subtilis* strains and their effect on the degree of mycorrhization of wheat roots. / A.A. Egorshina, R.M. Khairullin, M.A. Lukyantsev et al. // Journal of Siberian Federal University. A series of "Biology". – 2011. – 4(2). – p. 172-182. – [Electronic resource]. URL: <http://journal.sfu-kras.ru/en/article/2555>. (accessed: 12.03.2022) DOI: 10.17516/1997-1389-0179

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.118.4.091>**БИОЛОГИЯ *SATURNIA PYRI* (LEPIDOPTERA: SATURNIIDAE) НА ТЕРРИТОРИИ АЗЕРБАЙДЖАНА**

Обзорная статья

Мустафаева Г.А.¹, Шукюрова З.Ю.²*² ORCID: 0000-0002-8884-0877;¹ Институт Зоологии Национальной Академии Наук Азербайджана, Баку, Азербайджан;² Шекинский Региональный Научный Центр при НАН Азербайджана, Шеки, Азербайджан

* Корреспондирующий автор (sh.zerintac[at]gmail.com)

Аннотация

Цель работы – сравнительная оценка биологических и морфологических характеристик дикого шелкопряда *Saturnia pyri* (Denis & Schifferrmüller, 1775) в северо-западном регионе Азербайджана. Лабораторные исследования проводились в условиях контролируемой температуры ($25 \pm 2^\circ\text{C}$), относительной влажности ($70 \pm 10\%$) и режима фотопериода (12 часов света). Эксперимент делился на следующие этапы: инкубация грен, выкормка гусениц, период завивки кокона, зимняя диапауза куколок, выход имаго. Выкормка гусениц производилась на кормовом растении (*Prunus avium*, L). Жизненный цикл шелкопряда составил в среднем 392,54 дней, со средним периодом для стадии яйца, гусеницы, куколки и имаго 9,20, 53,52, 320 и 9,83 дня соответственно. Жизнеспособность куколок составила 99,55%, процент самок составил 56%, самцов 44%. При средней продуктивности $300 \pm 35,55$ яиц на самку, средняя выживаемость яиц *Saturnia pyri* составила 98,57%.

Ключевые слова: жизненный цикл, стадия яйца, гусеница, куколка, шелкопряд.**ON THE BIOLOGY OF *SATURNIA PYRI* (LEPIDOPTERA: SATURNIIDAE)****ON THE TERRITORY OF AZERBAIJAN**

Review article

Mustafaeva G.A.¹, Shukuyrova Z.Yu.²*² ORCID: 0000-0002-8884-0877;¹ Institute of Zoology of the National Academy of Sciences of Azerbaijan, Baku, Azerbaijan;² Sheki Regional Scientific Center at the National Academy of Sciences of Azerbaijan, Sheki, Azerbaijan

* Corresponding author (sh.zerintac[at]gmail.com)

Abstract

The aim of the study is a comparative assessment of the biological and morphological characteristics of the wild silk moth *Saturnia pyri* (Denis & Schifferrmüller, 1775) in the north-western region of Azerbaijan. Laboratory tests were carried out under controlled temperature ($25 \pm 2^\circ\text{C}$), relative humidity ($70 \pm 10\%$) and photoperiod mode (12 hours of light). The experiment was divided into the following stages: incubation of grain, feeding of caterpillars, cocoon curling period, winter diapause of pupae, imago output. The caterpillars were fed on a forage plant (*Prunus avium*, L). The life cycle of the silkworm averaged 392.54 days, with an average period for the egg, caterpillar, pupa, and imago stages being 9.20, 53.52, 320 and 9.83 days, respectively. The viability of pupae was 99.55%, the percentage of females was 56%, males - 44%. With an average productivity of 300 ± 35.55 eggs per female, the average survival rate of *Saturnia pyri* eggs was 98.57%.

Keywords: life cycle, egg stage, caterpillar, pupa, silkworm.**Введение**

Семейство Saturniidae (Lepidoptera) включает 2349 видов из 169 родов и 9 подсемейств [1, С. 217]. Дикий шелкопряд *Saturnia pyri* (Denis & Schifferrmüller, 1775) один из ярких представителей данного семейства, ареал которого, охватывает Северо-Запад Африки, Ближний Восток, частично центральную Европу, Средиземноморье от Пиренейского до Балканского полуострова, Чехию, Словакию, юг Румынии, Украину, южные регионы России, Кавказ и Закавказье, так же зеленные массивы нашей страны, особенно часто встречается в горных и предгорных районах Азербайджана.

Результат трёхлетних исследований, проводимых на особо охраняемом геобиоценозе «Баш-Шабалыд» Шекинского РНЦ с 2019 по 2021 г включительно, подтвердил тот факт, что численность популяции *S. pyri* находится под угрозой исчезновения [2, С. 421]. Во время весенних экспедиций на данный период число бабочек *S. pyri*, летевших на световую ловушку, было значительно меньше, чем значения, указанные в ранних научных трудах отечественных энтомологов [3, С. 134], [4]. Так же, тот факт, что к самкам, вышедшим из кокона в сектариях на природе за сутки, был зафиксирован прилёт лишь 1–2 самца, указывает на уменьшение численности популяции в ареале [2, С. 421].

По данным экологов бабочки *S. pyri* подвержены угрозе вымирания из-за своей критически малой численности, что обусловлено в основном экстремальными проявлениями климатических изменений, так же антропогенной трансформацией их местообитаний и применением пестицидов [5, С. 112]. Так же, наличие множества естественных врагов, особенно в гусеничной фазе, снижает процент выживаемости популяции, что так же делает данный вид уязвимым.

Биология *S. pyri* в Азербайджане недостаточно изучена, что затрудняет решение вопроса о разработке плана мероприятий по поддержанию численности вида. В связи с этим, возникла необходимость более детального изучения морфо-биологических признаков вида, ставший возможным благодаря экспериментальному разведению культуры *S. pyri*, в лаборатории Шекинского Регионального Научного Центра при НАН Азербайджана [6]. Данные исследования проводились в рамках научной работы по разработке метода массового разведения диких шелкопрядов [7, С. 5], [11, С. 25–40].

Материалы и методы исследования

Исследовательская работа проводилась в лаборатории разведения тутового шелкопряда Шекинского Регионального Научного Центра при Национальной Академии Наук Азербайджана. Отбор исходного материала проводился в естественных условиях – на особо охраняемой природной территории на южном склоне Большого Кавказа на северо-западном регионе страны вокруг села Баш-Шабалыд Шекинского района (41°18'12"С – 47°07'11"В) [8, С. 6].

Первоначально были отобраны 259 яиц *S. pyri* разных образцов, которые были помещены в хорошо вентилируемый пластиковый контейнер с застеленной фильтровальной бумагой, ежедневно увлажняемой дистиллированной водой, для дальнейшего лабораторного выращивания в контролируемой среде.

Инкубация проводилась в стандартных пластиковых чашках Петри диаметром 80 мм при температуре 25±2°C, относительной влажности 70±10% и 12-часовом фотопериоде. Процесс длился 7–10 дней. Помимо морфологических характеристик, также измеряли каждое яйцо от области микропиляров до противоположного полюса.

Гусеницы *S. pyri* после вылупления переносились в пластиковые контейнеры с размером 410мм x 290мм x 180мм покрытую марлей. Во избежание расползания молодые гусеницы выкармливались свежими листьями круглосуточно (с двухчасовым интервалом) [9, С. 112]. Для чистоты эксперимента во время выкормки в качестве кормового растения гусеницам предлагались только листья черешни (*Prunus avium* L., 1755). С третьего возраста гусениц пересаживали на букеты из веток черешни, помещённых в стеклянные бутылки с водой и до конца выкормочного сезона кормили два раза в течение суток.

На протяжении исследований производилось систематичное измерение длины и массы случайно выбранных образцов (L1-L5).

В прекукольный период, когда гусеницы *S. pyri* прекращали питание и начинали искать удобное место для завивки кокона, особей отсаживали на сухие ветки в прозрачные стеклянные емкости объемом 3000 мл. После завивки на коконе делали небольшой надрез, с целью определения точного времени окукливания. На второй день, когда кутикула твердела, куколки освобождались от коконной оболочки для определения пола, по разработанной технике [10, С. 4–7].

После вылета, бабочек по несколько пар (в зависимости от числа выхода за сутки) содержали в специальных сеточных конструкциях с высотой 60 см и диаметром 30 см. Отмечали продолжительность жизни, плодовитость и размах крыльев. Морфометрические данные и массу анализировали после расчета соответствующих средних значений и стандартных ошибок, использовали критерии с доверительной вероятностью 95%. Соотношение полов рассчитывали, как соотношение количества самок на сумму количества самок и самцов [11, С. 59].

Измерения во время исследовательской работы проводились цифровым штангенциркулем (точность = 0,01 мм) и стереомикроскопом, снабженным окулярным микрометром. Массу измеряли на полуаналитических весах (точность = 0,01 г).

Результаты и обсуждения, фенология развития

У бабочек *S. pyri* моновольтинный жизненный цикл с голометаморфозом характерная для семейства Saturniidae. Время лёта бабочек, как ежегодный повторяющийся цикл, является интегральной частью фенологической картины местообитания вида. Однако эта повторяемость, в свою очередь, имеет довольно относительный характер и сильно колеблется в пределах календарных сроков.

Таблица 1 – Фенология развития *Saturnia pyri* в Шекинском районе (2019–2021 гг.)

март	апрель			май			июнь			июль			август			сентябрь			зимовка
III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	
0	0																		
	+	+	+	+	+	+													
													
						–	–	–	–	–	–	–							
											0	0	0	0	0	0	0	0	0

Примечание: условные обозначения: 0 – куколка; (+) – имаго; (.) – яйцо; (–) – личинка; 1–3 – декады

Информация о фенологии *S. pyri* (см. таблицу 1) даёт возможность оценивать организацию сезонных циклов развития, которая непосредственно связана с температурой, влажностью и суточным ритмом окружающей среды. *S. pyri* приостанавливает развитие на стадии куколки с помощью диапаузы, для синхронизации собственного ритма с конкретными условиями окружающей среды.

Моновольтинный жизненный цикл с голометаморфозом наблюдался в лаборатории в условиях контролируемой температуры (25 ± 2 °C), относительной влажности (70 ± 10 %) и фотофазы (12 часов света) от стадии яйца до взрослого имаго.

Стадия яйца

Рис. 1 – Яйца *Saturnia pyri*

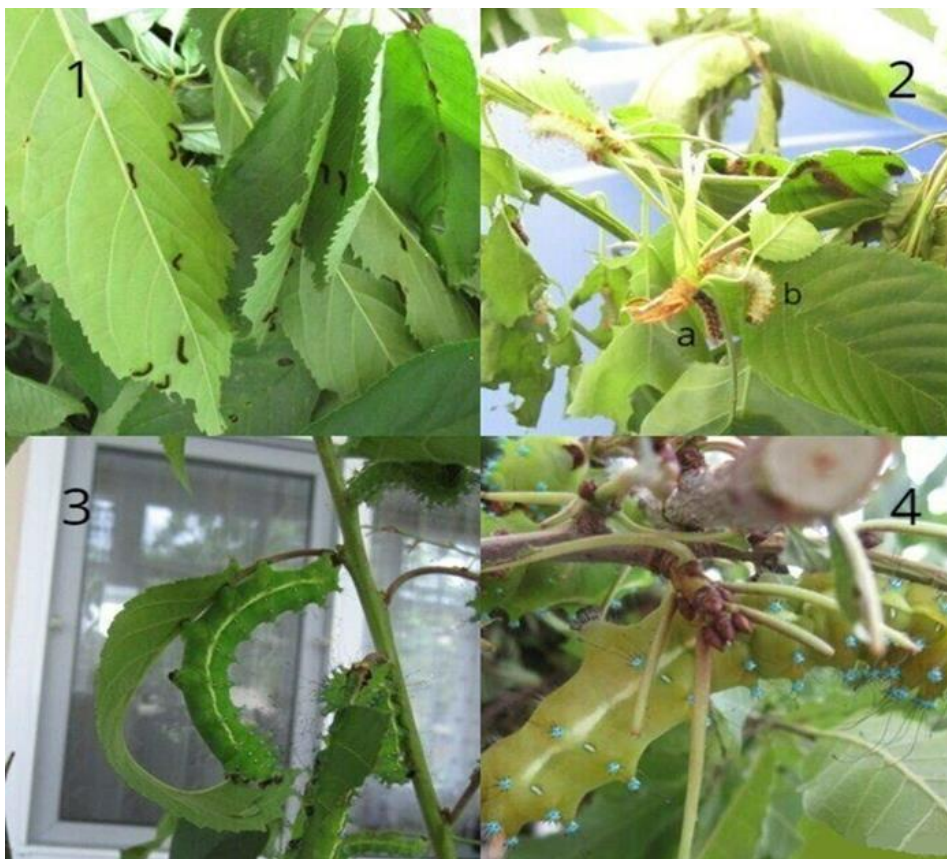
Яйцо *S. pyri* (см. рисунок. 1) крупное, субовальной формы сплюснутое с боков; размеры в длину около 2,4 мм, в ширину около 1,6 мм; средняя масса одного яйца примерно 0,0052 г. Окраска грене сразу после откладки серо-белая; при детальном осмотре хитиновая скорлупа яйца зеленовато-белая, покрытая клеящим веществом, придающим бурый оттенок грене. Под микроскопом скорлупа пронизана множеством нитеобразных тонких канальцев, с помощью которых происходит газообмен; также рассматривается точечное отверстие (микропиле). Микропиллярная область со временем чернеет, хорион становится прозрачным, что позволяет визуализировать развивающийся эмбрион. Эмбриональный период (см. таблицу 2) соответствовал 2,34 % всего развития, а жизнеспособность яиц *S. pyri* составила 98,57 %.

Таблица 2 – Средняя продолжительность жизненного цикла и показатели процента выживаемости шелкопряда *Saturnia pyri*

Стадия развития	Количество	Продолжительность (дни)	Количество	Выживание (%)
Яйцо	259	9,20	255	98,57
Гусеница	251	48,66	233	92,91
Прекуколка	231	4,85	229	99,13
Куколка	224	320	223	99,55
Зрелое имаго - ♀	122	(6,57)	-	-
Зрелое имаго - ♂	96	9,83	-	-
Итог	-	392,54	-	86,10

Примечание: выкормка гусениц производилась листьями *Prunus avium*, при температуре $25 \pm 1^\circ\text{C}$; относительной влажности $70 \pm 10\%$, в 12-часовом фотопериоде

Гусеница

Рис. 2 – Гусеница *Saturnia pyri*:

1 – первый возраст; 2a – II возраст, 2b – III возраст; 3 – IV возраст; 4 – V возраст

Гусеничная стадия развития (см. рисунок. 2), протекающая пятью возрастами (L1-L5) (см. таблицу 3), показала среднюю скорость роста равную $0,035 \pm 0,0001$ мг. мг⁻¹. сутки⁻¹ (расчёт проводился согласно литературным данным) [11, С. 59].

При переходе на следующий возраст у гусениц *S. pyri* наступает «сон» с последующей линькой и увеличением параметров длины и веса, сменой цвета головной капсулы, общего тела и сколи. Для L1 (см. рисунок. 2. 1) характерна черная окраска тела со светло-коричневыми сколи; L2 (см. рисунок. 2. 2a) меняет окраску тела на серо-коричневый окрас, сколи на всем протяжении тела становятся оранжевыми и более выраженными; L3 (см. рисунок. 2. 2b) гусеница меняет цвет на светло-зеленый, сколи становятся желтыми с длинными апикальными волосками, головная капсула становится светло-зеленой до конца гусеничной фазы; L4 (см. рисунок. 2. 3) приобретают зеленый цвет, с лилово-голубыми сколи; L5 имеет массивное тело светло-зеленого цвета с небесно-голубыми сколи. Достигшие пика развития самые длинные апикальные сколи имеют жесткие щетинки у основания и инокулируют ядовитую жидкость.

Наблюдения показали, что на пятом возрасте гусеничной фазы, в связи с потреблением большого количества корма, интенсивность роста и развития *S. pyri* повышается. Однако, при малейших физических действиях или смены характера освещенности, гусеницы прекращают питание и остаются неподвижными около получаса. В период окукливания (см. рисунок. 2. 4), характеризующийся прекращением кормовой деятельности и выделением последних экскрементов и слизи, гусеница меняет окраску без линьки на янтарный цвет и становятся мельче, активно ищут удобное место для постройки кокона. В последствии, выделяя шёлк из специальных парных шёлкоотделительных желёз, которые соединяются вблизи входа в общий короткий проток, гусеницы начинают процесс завивки кокона.

Отметим, что гусеничная стадия составила 12,40% всего развития, при 92,91% - ной выживаемости (см. таблицу 2).

Таблица 3 – Динамика развития шелкопряда *Saturnia pyri* в гусеничной стадии

Возраст гусеницы	Средняя длина гусеницы	Средняя масса гусеницы
I	7–15 мм	0,005–0,01 г
II	26–30 мм	0,05–0,10 г
III	35–40 мм	1,00–3,00 г
IV	45–55 мм	4,00–7,00 г
V	90–100 мм	10,00–10,50 г

Примечание: выкормка гусениц производилась листьями *Prunus avium*, при температуре $25 \pm 1^\circ\text{C}$; относительной влажности $70 \pm 10\%$, в 12-часовом фотопериоде

Куколка

Рис. 3 – Куколка *Saturnia pyri*

Куколки *S. pyri* (см. рисунок. 3) блестяще-коричневые с плотным хитиновым покровом; удлинненно-овальной (грушевидной) формы, слегка уплощенные в переднем-вентральном направлении. *S. pyri* зимует в стадии куколки в коконе; этот период называется диапаузой.

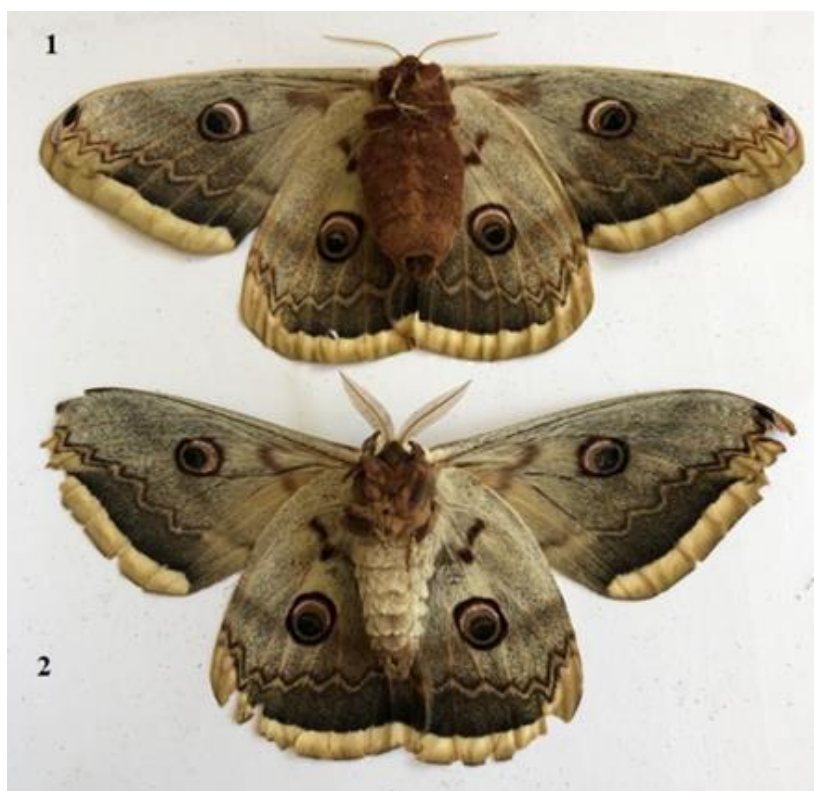
В ходе работы нами было получено 218 образцов куколок, из них 122 самок и 96 самцов, что соответствует соотношению полов 1,27; самки были значительно крупнее и тяжелее самцов (см. таблицу 4). Продолжительность кукольного периода (см. таблицу 1) соответствовала 81,52% всего развития при 99,55%-ной выживаемости (см. таблицу 2).

Таблица 4 – Средние параметры длины и массы куколки *Saturnia pyri* сгруппированных по половому признаку

Куколка <i>S. pyri</i>	Длина, мм	Ширина, мм	Масса, г
Самка ♀	43,00	18,40	6,27
Самец ♂	41,50	16,80	4,77

Примечание: выкормка гусениц производилась листьями *Prunus avium*, при температуре $25 \pm 1^\circ\text{C}$; относительной влажности $70 \pm 10\%$, в 12-часовом фотопериоде

Имаго (бабочка)

Рис. 4 – Бабочка *Saturnia pyri* (брюшная сторона):

1 - самка; 2 - самец

Время лёта бабочки *S. pyri* (см. рисунок. 4) в нашей стране приходится на апрель и май (см. таблицу 1). Самки активны в основном в тёмное время суток, тогда как, самцы летают и днём, и ночью. Встречаются на лесных полянах и опушках, в фруктовых садах, на кустарниках и на кормовых деревьях. Имеют недоразвитый ротовой аппарат, не питаются, живут за счёт запасов питательных веществ, накопленных на стадии гусеницы.

Исходя из результатов наблюдения, продолжительность жизни имаго в лаборатории соответствовало 3,213% от общего развития, плодовитость составила $300 \pm 35,55$ яиц на самку. Средний размах крыльев самок (см. рисунок. 4.1), которые были значительно крупнее чем у самцов (см. рисунок. 4.2), достигал 170 мм.

Заключение

В заключении хотелось отметить, что изучение биологии и морфологии *S. pyri* в лаборатории может рассматриваться как перспективное направление, которое представляет большое теоретическое и практическое значение для получения качественной лабораторной культуры. Это как раз ключевой компонент для будущих попыток поддержания и восстановления популяции, путём последующего выпуска гусениц определенных возрастов в подходящие места обитания в пределах естественного ареала [2, С. 420–428], а также даст возможность для разработки метода массового разведения дикого шелкопряда *S. pyri* в промышленных целях [7, С. 5][12, С. 52-58]. В ходе эксперимента наблюдался моновольтинный жизненный цикл с голометаморфозом продолжительностью 392 дней; средние периоды для стадии яйца, гусеницы, куколки и имаго составили соответственно: 9,20, 53,52, 320 и 9,83 дня. Из 259 яиц, инкубированных в рамках данного исследования, общий процент выживаемости *S. pyri* составил примерно 86%. Процент женских особей составил 56%, мужских особей 44%.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Animal biodiversity: An outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness / Van Nieuwerkerken E.J., Kaila L., Kitching I.J. et al. // Zootaxa. – 2011. – Vol.3148(1). – P. 212-221. DOI: 10.11646/zootaxa.3148.1
2. Реинтродукция выращенного дикого шелкопряда *Saturnia pyri* (Lepidoptera: Saturniidae) на охраняемую территорию в Северо-Западном регионе Азербайджана для поддержания и восстановления популяции / Шукюрова З. Ю., Шукюрлу Ю. Г., Мустафабеили Г. Л. и др. // Итоги и перспективы развития энтомологии в Восточной Европе: Сборник статей IV Международ. науч.-практ. конф., посвящ. памяти А. М. Терёшкина (1953 – 2020), 1–3 декабря 2021г., Минск / ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам. – Минск, 2021. – С. 420–428.
3. Эфенди Р. Э. Высшие чешуекрылые Азербайджана, их биология, экология, зоогеография и хозяйственное значение / Р. Э. Эфенди // дисс. – Баку, 1970. – 371с.
4. Мамедов З. М. Паразиты вредных чешуекрылых плодовых культур Азербайджана и пути их использования в биологической защите / З. М. Мамедов // монография. – Баку: Изд. «Элм», 2004. – 233 с.
5. Sensitivity of UK butterflies to local climatic extremes: which life stages are most at risk? / Long O. McD., Warren R., Jeff Price, J. et al. // Journal of Animal Ecology. – 2017. – Vol. 86 – P. 108–116. DOI: 10.1111/1365-2656.12594
6. Shukurlu Y. H. The possibility and prospect of breeding wild silkworm of the Giant Peacock moth (*Saturnia pyri*, Denis & Schiffermüller, 1775), as a new branch of sericulture in Azerbaijan / Y. H. Shukurlu, Kh. A. Aliyev, Z. Y. Shukurova // Journal of Life Sciences & Biomedicine. – 2020. – Vol. 3(76), No 1. – P. 24–31. ISSN: 2710–3447
7. Пат. i 2022 0005 Азербайджан, МКП A01K 67/04. Способ разведения дикого шелкопряда / Шукюрова З. Ю., Шукюрлу Ю.Г, Азизов Ф.Ш, Бекиров Г.М.; заявитель и патентообладатель Шекинский РНЦ НАН Азербайджана. – № a 2020 0031/; заявл. 24.02.2020; опубл. 30.06.2021, Бюл. № 6. – 13.
8. Mammedov C. İ. The natural biocenosis biodiversity and its protection in the village of Sheki, Bash Shabalid / Mammedov, C. İ. Shukurlu, Y. H. Azizov et al. // Agricultural Sciences. – 2016. – Vol. 8(19). – P. 5-9.
9. Богословский В. В. Определение уровня доместикиации дубового шелкопряда как ключевого фактора технологичности его культивирования / В. В. Богословский, Е. Ф. Лейнвебер, Н. А. Прудник // Инновационная наука. часть 4. – 2016, – №. 12. – С. 111-115. ISSN: 2410–6070
10. Butt B. A. Sex determination of lepidopterous pupae / Butt B.A., Eluid Cantu. –Dept. of Agriculture, Agricultural Research Service, ARS-33-75. – 1962. – P. 7
11. Денисова С. И. Влияние смены кормового растения на рост и выживаемость гусениц шелкопрядов (*Antheraea pernyi* G.-M., *Lymantria dispar* L., *Endromis versicolora* L.) / С. И. Денисова, С. М. Седловская // Веснік ВДУ. Серія 73, Біологія. – 2013. – №1. – С. 58–62.
12. Shukurova Z. Y. Study of the organic and mineral composition of living pupae of the wild silkworm *Saturnia pyri* for use as food additives / Z. Y. Shukurova, Z. M. Khalilov, Y. H. Shukurlu // International Journal of Industrial Entomology. – 2021. – Vol. 43(2). – P. 52-58. ISSN: 2586-4785

Список литературы на английском языке / References in English*

1. Animal biodiversity: An outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness / Van Nieuwerkerken E.J., Kaila L., Kitching I.J. et al. // Zootaxa. – 2011. – Vol.3148(1). – P. 212-221. DOI: 10.11646/zootaxa.3148.1
2. Reintroduksiya vyrashchennogo dikogo shelkopryada *Saturnia pyri* (Lepidoptera: Saturniidae) na okhranyayemuyu territoriyu v Severo-Zapadnom regione Azerbajana dlya podderzhaniya i vosstanovleniya populyatsii [Reintroduction of reared wild silkworm *Saturnia pyri* (Lepidoptera; Saturniidae) to a protected area in the North-West region of Azerbaijan to maintain and restore the population] / Z. Y. Shukurova, Y. H. Shukurlu, H. L. Mustafabeyli et al. // Itogi i perspektivy razvitiya entomologii v Vostochnoy Yevrope: Sbornik statey IV Mezhdunarod. Nauch. -prakt. Konf., posvyash. pamyati A. M. Teroshkina (1953–2020), 1–3 dekabrya 2021g. [Results and prospects for the development of entomology in Eastern Europe: Collection of articles of the IV International scientific and practical conference dedicated to the memory of A. M. Tereshkin (1953–2020), December

- 1–3, 2021], Minsk / GNPO «NPTS NAN Belarusi po bioresursam [State Scientific and Production Association "Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Bioresources"] Minsk, 2021. – pp. 420–428. [in Russian]
3. Efendi R. E. Vysshiye cheshuyekrylyye Azerbaydzhana, ikh biologiya, ekologiya, zoogeografiya i khozyaystvennoye znachenie [Lepidoptera of high classification of Azerbaijan, their biology, ecology, zoogeography, and economic importance] / R. E. Efendi. – Baku, 1970. – 371 p. [in Russian]
4. Mamedov Z. M. Parazity vrednykh cheshuyekrylykh plodovykh kultur Azerbajana i puti ikh ispolzovaniya v biologicheskoy zashchite [Parasites of harmful Lepidoptera fruit crops of Azerbaijan and ways of their use in biological protection] / Z. M. Mamedov. – Baku: Publishing house. "Elm", 2005. – 233 p. [in Russian]
5. Long O. McD. Sensitivity of UK butterflies to local climatic extremes: which life stages are most at risk? / Long O. McD., Warren R., Jeff Price, J. et al. // *Journal of Animal Ecology*. – 2017. – Vol. 86 – P. 108–116. DOI: 10.1111/1365-2656.12594.
6. Shukurlu Y. H. The possibility and prospect of breeding wild silkworm of the Giant Peacock moth (*Saturnia pyri*, Denis & Schiffermüller, 1775), as a new branch of sericulture in Azerbaijan / Y. H. Shukurlu, Kh. A. Aliyev, Z. Y. Shukurova // *Journal of Life Sciences & Biomedicine*. – 2020. – Vol. 3(76), No 1. – P. 24–31. ISSN: 2710–3447.
7. Pat. i 2022 0005 Azerbaijan, MPK A01K 67/04. Sposob razvedeniya dikogo shelkopryada [The method of breeding wild silkworm] / Shukurova Z. Y., Shukurlu Y. H., Azizov F. Sh., Bekirov G. M.; applicant and the patentee Sheki Regional Scientific Center of Azerbaijan National Academy of Science. – № a 2020 0031; appl. 02/24/2020; publ. 06/30/2021, Bull. No. 6. – 13p.
8. The natural biocenosis biodiversity and its protection in the village of Sheki, Bash Shabalid / Mammedov, C. İ.; Shukurlu, Y. H.; Azizov et al. // *Agricultural Sciences*. – 2016. – Vol. 8(19). – P. 5-9. DOI: 10.22620/agrici.2016.19.024
9. Bogoslovsky V. V. Opredeleniye urovnya domestikatsii dubovogo shelkopryada kak klyuchevogo faktora tekhnologichnosti yego kultivirovaniya [Determination of the level of domestication of the oak silkworm as a key factor in the manufacturability of its cultivation] / V. V. Bogoslovsky, E. F. Leinveber, N. A. Prudnik // *Innovatsionnaya nauka. chast' 4* [Innovative science. part 4.]. – 2016, - № 12. - P. 111-115. [in Russian]
10. Butt B. A. Sex determination of lepidopterous pupae / Butt B.A., Eluid Cantu. – Dept. of Agriculture, Agricultural Research Service, ARS-33-75. – 1962. – P 7.
11. Denisova S.I. Vliyaniye smeny kormovogo rasteniya na rost i vyzhivayemost' gusenits shelkopryadov (*Antheraea pernyi* G.-M., *Lymantria dispar* L., *Endromis versicolora* L.) [Influence of change of host plant on the growth and survival of silkworm caterpillars (*Antheraea pernyi* G.-M., *Lymantria dispar* L., *Endromis versicolora* L.)] / S.I. Denisova, S.M. Sedlovskaya // *Vesnik VDU. Seriya 73, Biologiya* [Bulletin of the Vitebsk State University. Series seventy-three. Biology]. – 2013. – №1. – P. 58–62. [in Russian]
12. Shukurova Z. Y. Study of the organic and mineral composition of living pupae of the wild silkworm *Saturnia pyri* for use as food additives / Z.Y. Shukurova, Z.M. Khalilov, Y.H. Shukurlu // *International Journal of Industrial Entomology*. – 2021. – Vol. 43(2). – P. 52-58. ISSN: 2586-4785.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.118.4.092>**ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ ЛЬДОВ ПОЛИГОНАЛЬНОЙ ТУНДРЫ НА СЕВЕРО-ВОСТОКЕ РОССИИ**

Научная статья

Петров Р.Е.^{1,*}, Карсанаев С.В.², Максимов Т.Х.³¹ ORCID: 0000-0002-6877-3902;^{1, 2, 3} Институт биологических проблем криолитозоны «ЯНЦ СО РАН», Якутск, Россия

* Корреспондирующий автор (pre2003[at]mail.ru)

Аннотация

Прогнозируемое повышение средней температуры воздуха в Арктике приведет к изменениям режима атмосферных осадков и уровня грунтовых и поверхностных вод, что отразится на формировании льдов верхнего однометрового слоя многолетней мерзлоты. Изучение соотношения стабильных изотопов указывает на источники формирования льдов сезонно-талого слоя и максимальную глубину оттаивания многолетнемерзлых пород. Сезонно-талый слой играет важную роль в формировании растительного покрова. Образцы из морозобойных трещин, формирующих повторно-жильные льды имели минимальное значение $\delta^{18}\text{O}$ (-28‰). Богатые органическими веществами образцы из концентрического понижения полигона показали максимальное значение $\delta^{18}\text{O}$ равное -19‰. Источником воды в низинах между полигонами были талые воды, которые проникали в морозобойные трещины весной. Источником льда многолетнемерзлых пород в центрах полигонов выступали речные и дождевые воды.

Ключевые слова: многолетняя мерзлота, соотношение стабильных изотопов, $\delta^{18}\text{O}$, сезонно-талый слой, повторно-жильные льды.

ISOTOPIC COMPOSITION OF POLYGONAL TUNDRA ICE IN THE NORTHEASTERN RUSSIA

Research article

Petrov R.E.^{1,*}, Karsanaev S.V.², Maksimov T.Kh.³¹ ORCID: 0000-0002-6877-3902;^{1, 2, 3} Institute of Biological Problems of Cryolithozone "The Yakut Scientific Centre of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences", Yakutsk, Russia

* Corresponding author (pre2003[at]mail.ru)

Abstract

The predicted increase in the average air temperature in the Arctic will lead to changes in the precipitation regime and the level of ground and surface waters, which will affect the formation of ice in the upper one-meter layer of permafrost. The study of the ratio of stable isotopes indicates the sources of the formation of ice of the seasonal thaw depth and the maximum depth of thawing of permafrost. The seasonal thaw depth plays an important role in the formation of vegetation cover. Samples from frost-breaking cracks forming re-vein ice had a minimum value of $\delta^{18}\text{O}$ (-28‰). Organic-rich samples from the concentric lowering of the polygon showed a maximum value of $\delta^{18}\text{O}$ equal to -19‰. The source of water in the lowlands between the polygons was meltwater, which penetrated into the frost fractures in the spring. The source of ice of permafrost in the centers of the polygons were river and rainwater.

Keywords: permafrost, stable isotope ratio, $\delta^{18}\text{O}$, seasonal thaw depth, re-vein ice.

Введение

Прогнозируемое повышение температуры воздуха в Арктике приведет к деградации многолетней мерзлоты в этом регионе, что послужит причиной ускорения процессов разложения органического вещества и высвобождения углекислого газа из сезонно-талого слоя почвы [1]. Данное увеличение эмиссии углерода из тундровых экосистем неравномерно и зависит от микрорельефа местности, льдистости многолетнемерзлых пород и видового состава растительных биоценозов [2].

Исследование объемного содержания льда и соотношение стабильных изотопов воды многолетнемерзлых пород, необходимо для понимания возможных последствий оттаивания верхнего однометрового горизонта многолетнемерзлых пород в типичных тундровых биогеоценозах Северо-Восточной Якутии [3]. Эти характеристики определяют объем термокарстовых процессов и контролируют гидрологический режим многолетней мерзлоты и, следовательно, изменение растительного покрова в районах высоких широт; они также дают информацию об изменении гидрологического режима [2].

Пространственное и временное распределение растительного покрова и геокриологических характеристик льдонасыщенной и богатой органическим веществом многолетней мерзлоты крайне важно в изучении потоков парниковых газов. Несколько работ, посвященных количественной оценке объемного содержания подземного льда в репрезентативных тундровых экосистемах, были проведены на Аляске [4], в Канаде [5], [6] и Сибири [7]. Геокриологические характеристики, такие как криостратиграфия и соотношение стабильных изотопов в повторно-жильных льдах, позволили получить информацию об условиях замерзания и палеоклиматических условиях, при которых были сформированы стратиграфические структуры кернов [8]. Соотношение стабильных изотопов позволяет реконструировать среднюю температуру зимы в период образования повторно-жильных льдов и определить источник воды, что важно для понимания функционирования растительного покрова тундры [2].

Методы и принципы исследования

Исследование многолетней мерзлоты велось в 2011-2013 г., на территории Аллаиховского улуса (Республика Саха (Якутия)) на участке Бойдом (В) (70°38'15"с.ш. 148°09'17"в.д.), который характеризовался наличием полигонального

рельефа. Глубина активного слоя варьировалась от 14 см на буграх и до 35 см в центре полигона. По условиям увлажнения участок условно был разделен на сухие (B1, B4, B6) и увлажненные (B2, B3, B5) точки отбора проб (см. рисунок 1).

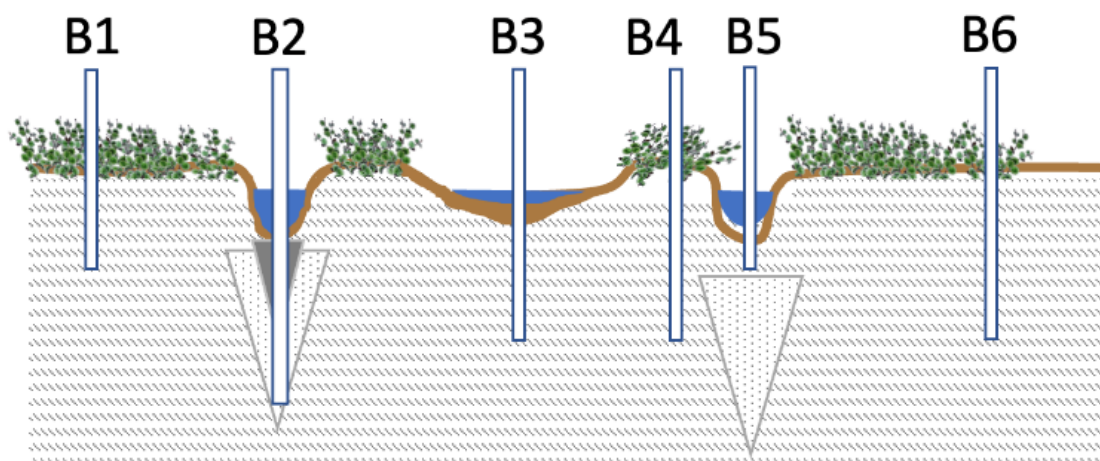


Рис. 1 – Схема точек отбора кернов многолетней мерзлоты с учетом микрорельефа местности.

Растительный покров на сухих участках был представлен кустарниками (*Betula nana subsp. Exilis*, *Salix Pulchra*), кустарничками (*Vaccinium Vitis-Idaea*, *Vaccinium uliginosum*, *Ledum polustre*), мхами и лишайниками (*Aulacomnium turgidum*, *Hylocomium splendens var. alaskanum*, *Cetraria cucullata*). На увлажненных участках доминировали: пушица (*Eriophorum vaginatum*), осока (*Carex Stans*) и мхи (*Aulacomnium turgidum*, *Hylocomium splendens*, *Sphagnum Balticum* и т.д.).

Почвенные керны диаметром 5-7,6 см были отобраны с шести участков в трех проворностях, на глубины до 3 м с помощью бензинового мотобура Earth auger TIA-350S (Tanaka, Япония). Керны были поделены на отрезки длиной 5-15 см. Каждый образец обтянули полиэтиленовой стрейч-пленкой и поместили в двойную герметичную полиэтиленовую упаковку. Впоследствии образцы были разморожены в запечатанных пакетах при комнатной температуре (18-20 °C). Талую воду использовали для последующего изотопного анализа. Вода из почвенных образцов, содержащих недостаточное количество воды, была извлечена с помощью центрифуги. Речную воду отбирали во время транспортировки между участками.

Изотопный состав воды был проанализирован равновесным методом $\text{CO}_2/\text{H}_2/\text{H}_2\text{O}$ на изотопном анализаторе Delta V (Thermo Fisher Scientific, Германия) в Университете Хоккайдо, Япония. Эти данные были выражены в виде значения δD и $\delta^{18}\text{O}$, определенного как δ образца (‰) = $(R \text{ образца} / R_{\text{VSMOW}} - 1) \times 1000$, где R – это отношение изотопов воды (D/H и $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$), а индекс VSMOW относился к стандарту (т.е. Vienna Standard Mean Ocean Water – Венская стандартная усредненная океаническая вода). Аналитические ошибки для всей процедуры были в пределах 2% и 0,2% для δD и $\delta^{18}\text{O}$, соответственно. Избыток дейтерия (d-экссесс) вычислен как d-экссесс = $\delta D - 8 \times \delta^{18}\text{O}$, который является показателем неравновесности процессов, таких как испарение [9].

Основные результаты

Объемное содержание льда в образцах составляло 60-95% с большой вариативностью с глубиной до 1,5 м. Образцы из сухих точек (B1, B4, и B6) были ненасыщенными водой, что было благоприятно для произрастания карликовых берез, густо разросшихся на валиках между соседними полигонами.

Образцы в точке B2 были отобраны из обводненной области концентрического понижения внутри полигона. Керны характеризовались наличием органического вещества, что отражалось в высокой потере веса при прокаливании до 0.3 г/г. Наличие мощного слоя погруженного мха, обуславливало формирование торфяного слоя в керне. Керны с точки B3 имели вертикальное расслоение и бесчисленное множество пузырьков воздуха, что указывало на морозобойное происхождение подземных льдов. Образцы с низким содержанием льда из сухих областей (B1, B4 и B6), в основном имели непараллельно слоистую или линзовидную структуру с мелкими (< 1 мм), тонкими (до 5 мм), умеренными (5-10 мм) и толстыми (> 10 мм) линзами льда.

Вертикальные профили соотношения стабильного изотопа кислорода в образцах были различными, что отражалось в растительном покрове. Значения $\delta^{18}\text{O}$ образцов в местах с доминированием карликовой березы (B1, B4, B5 и B6) были в диапазоне от -19‰ до -27‰. Почвенный профиль, полученный на B3, показал минимальное значение $\delta^{18}\text{O}$ (около -28‰), что характерно для ледяных жил, образовавшихся из талых снежных вод весной. Значения в профиле B2 с наличием водолубивых видов были самыми высокими (около -19‰) (см. рисунок 2).

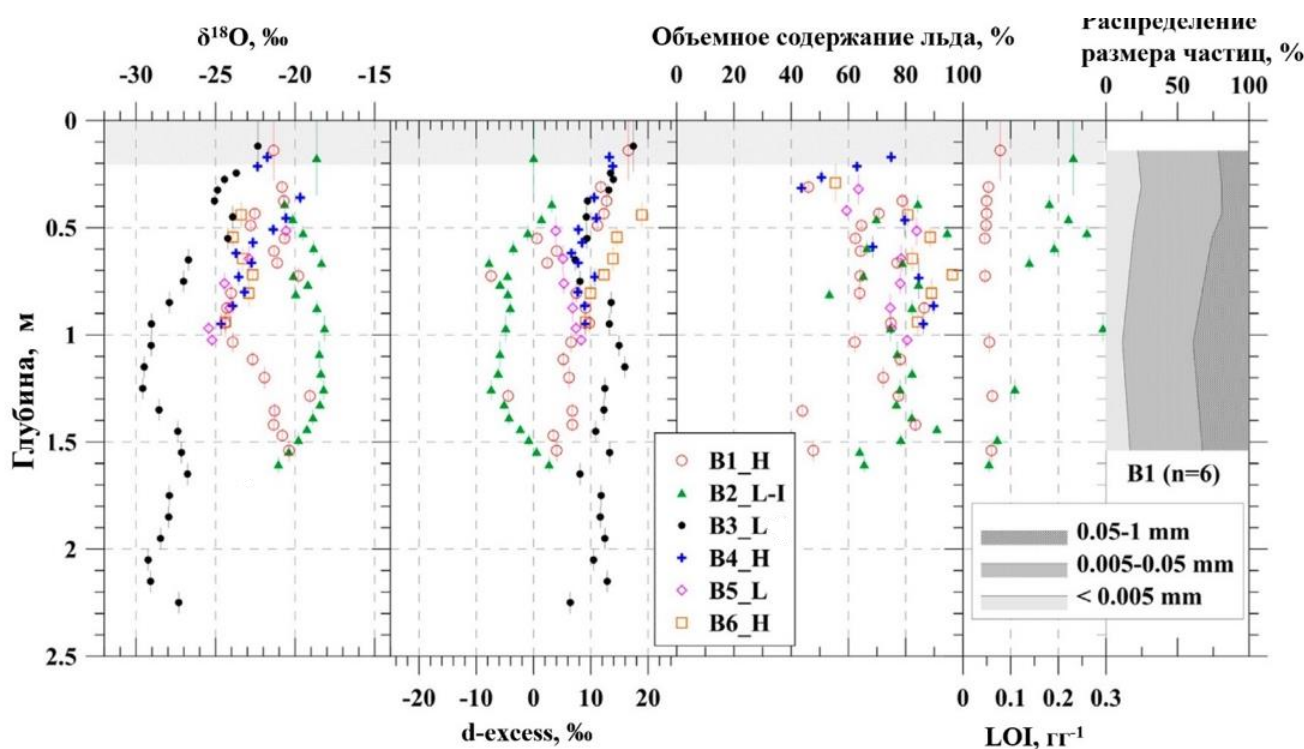


Рис. 2 – Профили соотношения стабильного изотопа кислорода, избытка дейтерия, объемного содержания воды, потери при прокаливании и гранулометрического распределения на участке В

Примечание: буквы указывают на характеристику мест отбора проб: высокие сухие участки (валики) (Н), увлажненные концентрические депрессии (L) и участки с наличием повторно-жильного льда (I). Заштрихованная область в верхней части графиков указывает на среднюю глубину оттаивания в момент отбора проб. Графики отражают следующие параметры кернов: содержание изотопов кислорода; d-excess – излишек дейтерия, для определения происхождения воды льда; объемное содержание льда в образцах; LOI - потери при прокаливании/сжигании образцов; распределение частиц в образцах по размерам с глубиной

Значения $\delta^{18}\text{O}$ близкие к -28‰ также были найдены, в ледовом комплексе едома на острове Большой Ляховский, в 350 км к северо-востоку от Чоккурдаха [10]. Следует отметить, что возраст повторно-жильного льда в этом исследовании, относится к позднему голоцену, а льды едомы, по Мейеру с соавторами (2002), датированы концом плейстоцена. Источником подземного льда в B2 предположительно являлись талые воды от таяния снега, как и в повторно-жильных льдах, т.к. точка отбора проб была расположена в низине, где скапливалась талая и дождевая вода. Тем не менее, отношения стабильных изотопов на участках B2 и B3 отчетливо различались и указывали на совершенно разные источники происхождения подземного льда. Было доказано, что происхождение воды B2 было дождевое или речное. Так как большинство значений избытка дейтерия из образцов участка В располагались около мировой метеорологической линии воды (GMWL), в то время как значения на уровне B2 показали заметное отличие от GMWL (см. рисунок 3). Это указывает на то, что источник воды образцов B2 подвергался испарению.

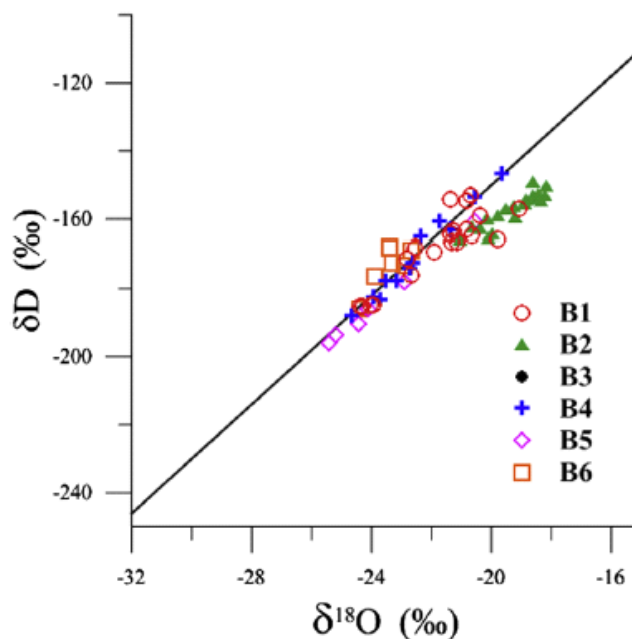


Рис. 3 – Соотношение изотопов грунтовых вод/льда на участке В

В таблице 1 обобщена статистическая информация по изотопам кислорода ($\delta^{18}\text{O}$) водорода (δD) и избытку дейтерия в почвенной воде и речной воде: в верхнем активном (0-0,5 м), нижнем слое многолетней мерзлоты в местах проведения исследований и в повторно-жильных льдах. Как видно из таблицы 1 средние значения $\delta^{18}\text{O}$ и δD из нижних слоев многолетней мерзлоты ($> 0,5$ м) были ниже, чем из верхних слоев. Значения $\delta^{18}\text{O}$ и δD речной воды были близки к таковым во льдах сезонно-талого.

Таблица 1 – Сводная таблица изотопного анализа льда

Участок	Кол-во	Глубина (м)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)				δD (‰)				d-excess (‰)			
			Мин	Ср.	Макс	Откл	Мин	Ср.	Макс	Откл	Мин	Ср.	Макс	Откл
Бойдом (В)	10	СТС(0-0,5)	-23,4	-22	-19,7	1,2	-171	-160	-147	8	10,6	13,2	18,9	2,7
	34	ММП(>0,5)	-25,4	-23	-19,1	1,6	-196	-175	-157	11	-7,4	14,6	14,6	4,4
	13	ПЖЛ(В3)	-29,6	-28	-26,8	1	-224	-215	-204	6	6,4	15,9	15,9	2,5
Речная вода	20	–	-21,4	-21	-19,9	0,4	-164	-162	-155	2	2,2	4,5	7,3	1,3

Профили $\delta^{18}\text{O}$ показали определенные изменения с глубиной, которые иллюстрируют глубокое протаивание многолетнемерзлых пород (В2, В3, В4). Увеличение мощности сезонно-талого слоя осенью позволяет атмосферным осадкам проникать глубже. Поэтому было ожидаемо-некоторое несоответствие в составе стабильных изотопов воды в образцах. Состав стабильных изотопов воды дает информацию о формировании источников подземного льда и, процессах испарения талых вод.

Выводы

1. Общее среднее содержание льда в пойменной зоне за исключением повторно-жильного льда составляло 75%, что сравнимо с приповерхностным объемным содержанием льда почвы (благодаря порам и сегрегационному льду) на прибрежной равнине или дренированных-озерных бассейнов моря Бофорта, на побережье Аляски (около 80%).

2. Растительный покров предопределяло мощность слоя органического вещества в кернах и глубину протаивания сезонно-талого слоя. Так образцы из точки В3 включали большое количество торфяных и растительных останков и показывали высокую потерю веса при прокаливании (0,1-0,3 г/г). Смежные образцы с того же участка (В2) показывали вертикальное расслоение из-за множества включений пузырьков воздуха, указывавшего на морозобойное происхождение подземных льдов.

3. В верхнем 1-метровом слое почвы значения $\delta^{18}\text{O}$ были в пределах от -20‰ до -25‰, а значения избытка дейтерия – около 10‰, что является общей чертой соотношения стабильных изотопов подземного льда в засушливых районах.

4. Формирование льда на участке В происходило следующим образом: верхние 1,5 м от богатого льдом грунта сформированы сингенетично с наводнениями неизвестной частоты, участки концентрических полигонов преимущественно держали паводковые воды, которые впоследствии были включены в многолетнюю мерзлоту, в то время как более высокие области, такие как края полигонов, могут хранить намного меньше паводковых вод и преобладающий состав воды может происходить от осадков в летний период. С другой стороны, морозобойные трещины, образовавшиеся в зимний период, были заполнены водой от таяния снега и заморожены до сезона затопления. Существует и другая вероятность, что В2 был частью прежней морозобойной трещины, свободной от наполнения талых вод по какой-то причине, и потоки воды залили полость вокруг участка В2, превратив лед участка В2 в отличный от других.

5. При глобальном изменении климата неопределима стабилизирующая роль растительного покрова на мощность сезонно-талого слоя. Наличие ледяных линз и многочисленных пузырьков воздуха, указывает на возможность интенсивных термокарстовых процессов от таяния многолетней мерзлоты.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Geocryological characteristics of the upper permafrost in a tundra–forest transition of the Indigirka River Valley, Russia / S. Takano, R.E. Petrov, S. Tei et al. // Polar Science. – 2014. – V.8. – I. 2. – P. 96-113.
2. Van Huissteden J. Thawing permafrost: Permafrost carbon in a warming Arctic / J. Van Huissteden // Cham, Switzerland: Springer Nature. – 2020. – P. 179-274.
3. Recent air temperature changes in the permafrost landscapes of northeastern Eurasia / R.N. Ivanova, H. Park, T. Hiyama et al. // Polar Science. – 2014. – V. 8. – I. 2. – P. 114-128.
4. Ground ice in the upper permafrost of the Beaufort Sea coast of Alaska / Y. Shur, M. T. Jorgenson, C. L. Ping et al. // Cold Regions Science and Technology. – 2013. – V. 85. – P. 56-70.

5. Morse P. D. Near-surface ground-icedistribution, Kendall island bird sanctuary, western Arctic coast, Canada / P. D. Morse, C. R. Burn, S. V. Kokelj // *Permafrost Periglacial Process.* – 2009. – V. 20. – I. 2. – P. 155-171.
6. Michel F.A. Isotope characterization of ground ice in Northern Canada / F. A. Michel // *Permafrost Periglacial Process.* – 2011. – V. 22. – I. 1. – P. 3-12.
7. Strauss J. Grain-size properties and organic-carbonstock of yedoma ice complex permafrost from the Kolyma / L. Schirrmeister, S. Wetterich, A. Borchers, et al. // *Global Biogeochemical Cycles.* – 2012. – V. 26. – I. 3. – A. GB3003. – 12 pp.
8. Vaikmae R. Oxygen isotopes in permafrost and ground ice-a new tool for paleoclimatic investigations / R. Vaikmae // In *5th Working Meeting Isotopes in Nature, Proceedings, Leipzig, Germany.* – 1989. – P. 543-553.
9. Dansgaard W. Stable isotopes in precipitation / W. Dansgaard // *Tellus.* – 1964. – V. 16. – I. 4. – P. 436-468.
10. Palaeoclimate reconstruction on Big Lyakhovsky Island, north Siberia e hydrogen and oxygen isotopes in ice wedges. / H. Meyer, A. Dereviagin, , C. Siegert, et al. // *Permafrost Periglacial Process.* – 2002. – 13 (2). – pp. 91-105.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.118.4.093>**ВЛИЯНИЕ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ НА ЭНЗИМАТИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ СЕМЯН СОИ, ВЫРАЩЕННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИРОДНЫХ ЦЕОЛИТОВ**

Научная статья

Терехова О.А.¹, Лаврентьева С.И.², Иваченко Л.Е.^{3,*}^{1, 2, 3} Благовещенский государственный Педагогический университет, Благовещенск, Россия

* Корреспондирующий автор (ivachenko-rog[at]yandex.ru)

Аннотация

Исследовано влияние погодных условий на удельную активность и множественные формы каталазы, пероксидазы, рибонуклеазы и амилазы семян сои сорта Лидия, выращенных на полях с использованием природных цеолитов Вангинского месторождения (фракция 0,8-2,5 мм) в концентрации 15 т/га. Установлено, что погодные условия влияют на энзиматическую активность оксидоредуктаз и гидролаз сои. Оксидоредуктазы сои больше подвержены изменениям под влиянием климата на молекулярном уровне, вследствие чего отмечены значительные изменения в электрофоретических спектрах каталаз и пероксидаз семян сои. Показано, что внесение в почву природных цеолитов Вангинского месторождения вызвало повышение удельной активности каталазы, пероксидазы, рибонуклеазы и амилазы семян сои сорта Лидия, за исключением каталазы в 2017 году (засуха), что свидетельствует об усилении адаптивного потенциала сои.

Ключевые слова: *Glycine max* (L.) Merrill, погодные условия, цеолиты, каталаза, пероксидаза, рибонуклеаза, амилаза, удельная активность, множественные формы.

THE INFLUENCE OF NATURAL ZEOLITES ON ENZYMATIC ACTIVITY OF SOYBEAN SEEDS

Research article

Terekhova O.A.¹, Lavrent'yeva S.I.², Ivachenko L.E.^{3,*}^{1, 2, 3} University Blagoveshchensk State Pedagogical, Blagoveshchensk, Russia

* Corresponding author (ivachenko-rog[at]yandex.ru)

Abstract

The influence of weather conditions on the specific activity and multiple forms of catalase, peroxidase, ribonuclease and amylase of soybean seeds of the variety Lydia, grown in the fields using natural zeolites of the Vanginsky deposit (fraction 0.8-2.5 mm) at a concentration of 15 t / ha. It has been established that weather conditions affect the enzymatic activity of soybean oxidoreductases and hydrolases. Soy oxidoreductases are more susceptible to changes under the influence of climate at the molecular level, as a result of which significant changes were noted in the electrophoretic spectra of catalases and peroxidases of soybean seeds. It was shown that the introduction of natural zeolites from the Vanginsky field into the soil caused an increase in the specific activity of catalase, peroxidase, ribonuclease, and amylase in soybean seeds of the Lydia variety, with the exception of catalase in 2017 (drought), which indicates an increase in the adaptive potential of soybeans.

Keywords: *Glycine max* (L.) Merrill, weather conditions, zeolites, catalase, peroxidase, ribonuclease, amylase, specific activity, multiple forms.

Введение

Главной сельскохозяйственной культурой на Дальнем Востоке России является соя (*Glycine max* (L.) Merrill). Расширение посевных площадей сои в Амурской области объясняется не только возрастанием интереса к ней как ценной высокобелковой, кормовой, пищевой культуре, но и благоприятными почвенно-климатическими условиями для её возделывания [16]. Изменение климата имеет важное значение для сельского хозяйства, причём этот фактор имеет как положительные, так и отрицательные последствия. Использование современной агротехнологии представляет опасность для сельскохозяйственных растений, а, следовательно, и здоровья населения. Значительный эффект для увеличения урожайности, улучшения продуктивности и плодородия почв приносит применение в растениеводстве цеолитов [1], [20], [24]. Природные цеолиты, благодаря своим уникальным свойствам находят все большую сферу применения и являются относительно дешевым сырьем по сравнению с использованием синтетических материалов [30]. Ценность природного цеолита определяется наличием у него уникальных молекулярных и каталитических свойств, обусловленных кристаллохимическими особенностями, способностью к катионному обмену, потере и поглощению воды и других молекул без разрушения структурного каркаса. Химический состав цеолитового сырья является одним из важных показателей его качества и зависит от месторождения полезного ископаемого. В зависимости от содержания Si/Al и катионного состава цеолитов обуславливаются их ионообменные свойства, стойкость к агрессивным веществам и высоким температурам, способность к модифицированию и ряду других технологических характеристик. Природные цеолиты повышают количество обменно-поглощенного кальция, способствуют увеличению емкости поглощения почвы [12], уменьшению содержания токсичных элементов [13], поглощают из почвы ядовитые для растений элементы, как ртуть, свинец, кобальт и другие [17]. Цеолиты оказывают влияние на продуктивность, ростовые показатели и активность пищеварительных ферментов животных [26]. Основным компонентом цеолитов является оксид кремния, содержание которого в Вангинском месторождении (Амурская область) составляет 67,63 % [2], [19]. В 1990 году в Амурской области было открыто крупное Вангинское месторождение природных цеолитов, залежи которых достигают 50 млн. тонн. Проведенная экологическая и химико-токсическая экспертиза Вангинских цеолитов Амурской области подтвердила их абсолютную безвредность для окружающей среды. Содержание ртути, свинца, мышьяка, кадмия, находится в пределах допустимого уровня [10].

Приспособление организма к постоянно меняющимся условиям окружающей среды обуславливают ферменты, которые являются основным механизмом адаптации [4], [6]. Все внутриклеточные реакции органических веществ, процессы анаболизма и катаболизма тесно интегрированы в систему метаболизма. Регуляторные особенности метаболической системы проявляются в ее способности координировано изменять значения субстратных потоков и концентрацию интермедиатов в изменяющихся условиях так, чтобы в клетке поддерживалось стационарное состояние ключевых метаболитов и основных физиологических характеристик. К наиболее информативным показателям внутриклеточного метаболизма относятся оксидоредуктазы. Это связано с участием оксидоредуктаз в биоэнергетических процессах [22]. В группу оксидоредуктаз включаются каталаза (КАТ, КФ 1.11.1.6) и пероксидаза (ПОД, КФ 1.11.1.7) [11], [29]. По удельной активности и множественным формам ферментов можно оценить уровень устойчивости сои, в том числе к цеолитам [7]. Кроме оксидоредуктаз, погодные условия вызывают экспрессию ферментов гидролитического комплекса, в частности рибонуклеазы (РНКаза) (К.Ф. 3.1) и амилазы (К.Ф. 3.2.1.1.). Углеводно-активные ферменты участвуют в синтезе, гидролизе и модификации углеводов. Рибонуклеазы, обладая широкой субстратной специфичностью чувствительны к изменениям факторов внешней среды [6].

Цель работы – изучить влияние погодных условий на активность каталазы, пероксидазы, рибонуклеазы и амилазы семян сои сорта Лидия, выращенных с использованием природных цеолитов.

Методы и принципы исследования

Материалом исследования служил сорт сои Лидия селекции ФГБНУ «Всероссийского научно-исследовательского института сои» г. Благовещенска Амурской области. Сою выращивали на поле ОАО «ОрбитаАгро» с. Бугровое Тамбовского района (49°53'00" СШ 12°74'20" ВД) в вегетационные периоды 2017 и 2018 годов. В почву вносили природный цеолит Вангинского месторождения (фракция 0,8-2,5 мм) в концентрации 15 т/га. Контролем являлась соя, выращенная без внесения цеолита.

Экстракт белков сои получали путем гомогенизации семян (500 мг) сои. Белок определяли по методу Лоури [23], удельную активность каталазы, амилазы и рибонуклеазы сои – спектрофотометрическим [5], [14], [25], удельную активность пероксидазы – фотоэлектроколориметрическим методом по Бояркину в модификации А.Т. Мокроносова [9]. Множественные формы пероксидаз, каталаз, РНКаза и амилаз выявляли методом электрофореза в полиакриламидном геле (ПААГ). Фракционирование растворимых белков проводили в 7,5%-ом ПААГ при 4 °С по Дэвису [21] в модификации для белков сои [5]. Выявление на геле зон с ферментативной активностью (форм ферментов) проводили соответствующими гистохимическими методами [5], [8], [28]. Локализацию форм исследуемых ферментов устанавливали по относительной электрофоретической подвижности (Rf). Каждая форма ферментов сои согласно Rf была ранее обозначена: для амилаз – А1-А10, РНКаза – Р1-Р12, каталаз – К1-К14, пероксидаз – П1-П18 [4], [6].

Полученные экспериментальные данные были обработаны с помощью программного обеспечения Statistica 10, графическое представление данных – Excel (2010). Результаты выражали как среднее ($n = 6$) \pm стандартное отклонение, различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

Основные результаты и обсуждение

Известный факт, что физиологический покой подвижен и динамичен, и возможен только когда организм получает из среды все необходимые для жизнедеятельности вещества. В результате столкновения организма, а если точнее клетки, с экстремальными условиями (резкие колебания температуры, влажности, наличие тяжелых металлов), приводят к нарушению гомеостаза. В данном случае в работу включаются ряд ферментов, которые являются механизмом адаптации к изменяющимся условиям среды.

Вегетационные периоды за исследуемые два года характеризовались очень высокими тепловыми ресурсами, сумма активных температур (более 10°C) во всех случаях была выше на 60-200°C, чем среднегодовые значения. Однако условия увлажнения варьировали. Так, 2017 и 2018 годы оказались засушливыми и незначительно засушливыми, гидротермический коэффициент (ГТК) составил 1,1 и 1,4 соответственно (таблица).

Таблица 1 – Оценка погодных условий по Тамбовскому району за период вегетации сои, 2017–2018 года

	Месяц	Сумма осадков, мм (среднегодовые/ год)	Сумма температур > 10 °C	ГТК	Оценка периодов погоды
1	2	3	4	5	6
2017	V	46/38	398	1	засушливый
	VI	87/104	552	1,9	влажный
	VII	127/54	788	0,7	сухой
	VIII	131/42	601	0,7	сухой
	IX	82/47	349	1,3	незначительно засушливый
	за период	495/285	2301/2688	1,1	засушливый
2018	V	46/39	462	0,8	очень засушливый
	VI	87/117	513	2,3	переувлажнённый
	VII	127/117	856	1,4	незначительно засушливый
	VIII	131/89	595	1,5	незначительно засушливый
	IX	82/32	372	0,9	очень засушливый
	за период	495/394	2301/2798	1,4	незначительно засушливый

Критерии засушливости (увлажнения) приведены по Л.И. Сверловой [15]. В 2017 году наблюдалось неравномерное распределение ресурсов тепла и влаги: очень жаркий и засушливый май сменился прохладным июнем с повышенным количеством осадков, которых выпало в 1,5 раза больше многолетней нормы (85 мм). Однако вторая половина лета была сухой и очень жаркой. Количество осадков в июле и августе составило 96 мм, это меньше многолетней нормы на 50 %. Известно, что соя предъявляет повышенные требования к влаге, особенно в период цветения и бобообразования. Поэтому сложившиеся погодные условия 2017 года могли оказать отрицательное влияние на созревание семян. Такое сочетание тепла и влаги оказало влияние на снижение энзиматической активности семян культурной сои.

На начальном этапе развития сои в мае, июне 2018 года складывалось пограничное распределение ресурсов тепла и влаги: май оказался очень засушливым, а июнь переувлажненный. Погодные условия в июле, августе были оптимальные с достаточным количеством тепла и влаги. Сентябрь оказался очень засушливым, хотя в целом за период выпало достаточное количество осадков 394 мм. Сумма активных температур составила 2798 °С.

Анализ удельных активностей исследуемых ферментов семян сои сорта Лидия контрольных образцов за исследуемые вегетационные периоды позволил выявить относительную их стабильность (рисунк).

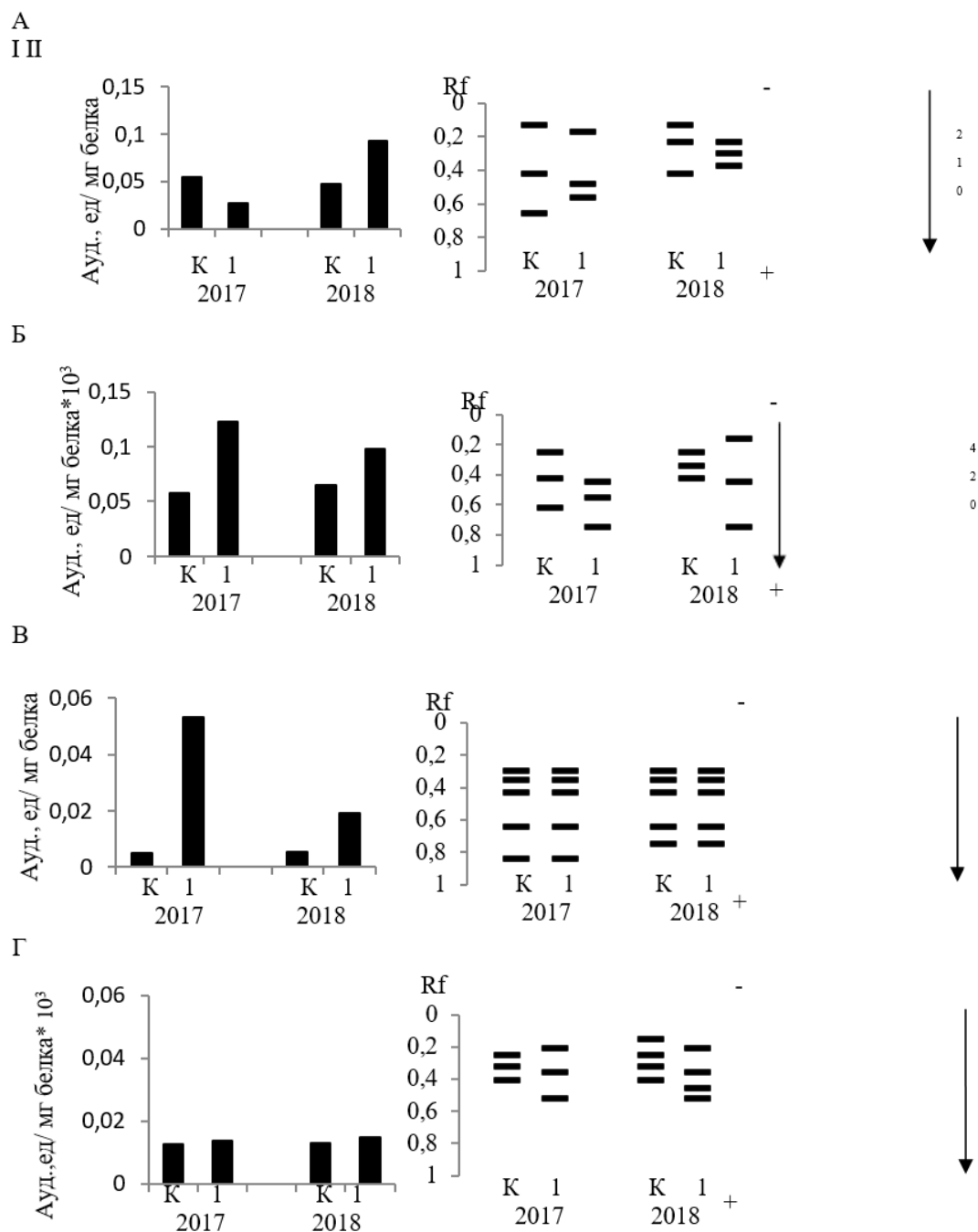


Рис. 1 – Удельная активность (I) и схемы энзимограмм (II):
(А) каталазы; (Б) пероксидазы; (В) рибонуклеазы; (Г) амилазы семян сои, выращенных на почве, содержащей цеолиты (I). К – контроль (без цеолитов)

Примечание: стрелка – показывает направление электрофореза (от катода к аноду). Справа указана нумерация множественных форм ферментов

Однако, в оптимальных условиях 2018 года (влажно, тепло) отмечено повышение удельной активности амилазы, что, вероятно, связано с увеличением синтеза крахмала и скоростью его гидролиза [3]. Засуха в период бобообразования в 2017 году оказала незначительный стресс, что, по-видимому, привело к нарушению клеточных мембран сои. В результате удельная активность антиоксидантного фермента – каталазы увеличилась. Внесение в почву цеолитов вызвало увеличение удельной активности каталазы, пероксидазы и амилазы в 1,5-2 раза. Следует отметить, что удельная активность РНКазы семян сои сорта Лидия, выращенных с использованием цеолитов в 2017 году (засушливый) увеличилась в 5 раз, а в 2018 году – в 3 раза. Известно, что РНКазная активность, обнаружена у ряда белков патогенеза PR-10 («pathogenesis-related»), так называемых – «индуцируемых белков, связанных с защитой» (Inducible defence-related proteins). Поэтому индукция экстраклеточных РНКаз может быть связана непосредственно с формированием устойчивости к эдафическому фактору [31].

В ходе наших экспериментов было показано, что при внесении цеолитов в условиях засухи (2017 г.)

Установлено снижение удельной активности каталаз и повышение удельной активности пероксидаз семян сои. Очевидно, это связано с особенностями внутриклеточного метаболизма оксидоредуктаз сои [27].

Процесс адаптации растений представляет сложный комплекс приспособительных реакций и затрагивает структурную и функциональную оптимизацию всех уровней и структур. В основе адаптации растений лежит изменчивость физиологических, биохимических и морфологических приспособительных реакций, находящихся под генетическим контролем. Ключевые регуляторные ферменты представлены в виде изоферментных систем [18].

Изучение схемы энзимогамм исследуемых ферментов семян сои, выращенных с применением природных цеолитов в течение вегетационных периодов 2017 и 2018 годов позволило выявить значительные изменения в наборе множественных форм оксидоредуктаз, которые, вероятно, больше подвержены абиотическим факторам среды. В свою очередь гидролазы семян сои в данных условиях оказались более стабильными по электрофоретической подвижности.

Заключение

Показано, что погодные условия влияют на энзиматическую активность оксидоредуктаз и гидролаз сои. Причем оксидоредуктазы сои больше подвержены изменениям под влиянием климата на молекулярном уровне. Установлено, что внесение в почву природных цеолитов Вангинского месторождения вызвало повышение удельной активности каталазы, пероксидазы, рибонуклеазы и амилазы семян сои сорта Лидия, за исключением каталазы в 2017 году (засуха), что свидетельствует об усилении адаптивного потенциала сои.

Таким образом, использование активности ферментов оксидоредуктаз и гидролаз является важным звеном в концепции срочной неспецифической адаптации к среде с варьирующими параметрами.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Абаев А. А. Использование цеолитов для повышения продуктивности сои. / А. А. Абаев // *Агрохимия*. – 2008. – № 2. – С. 26-32.
2. Антиоксидантные и иммуномодулирующие свойства природных цеолитов. / К. С. Голохваст, А. М. Паничев, А. Н. Гульков и др. // *Тихоокеанский медицинский журнал*. – 2009. – № 3 (37). – С. 68-70.
3. Джамеев В. Ю. Содержание крахмала в семядолях прорастающей сои в условиях холодового стресса. / В. Ю. Джамеев, В. В. Жмурко // *Физиология и биохимия растений*. – 1997. – Т. 29, № 5. – С.370-376.
4. Иваченко Л. Е. Роль биологически активных веществ сои в адаптации к условиям выращивания: монография ИИУ / Л. Е. Иваченко, А. С. Коничев. – МГОУ, 2016. – 154 с.
5. Иваченко Л. Е. Методы изучения полиморфизма ферментов сои: учебное пособие. / Л. Е. Иваченко. – Благовещенск: Изд-во БГПУ, 2008. – 138с.
6. Лаврентьева С. И. Влияние агроэкологических условий выращивания на рибонуклеазную активность сои. / С. И. Лаврентьева, М. В. Якименко. – Благовещенск: Изд-во БГПУ, 2013. – 128 с.
7. Лаврентьева С. И. Удельная активность рибонуклеаз проростков сои, выращенных на почве, содержащей сульфат цинка и цеолиты. сб. *Фундаментальные и прикладные исследования в области химии и экологии. Материалы международной научной конференции. Курск (21-23 сентября, 2016)*. / С. И. Лаврентьева, Г.В. Чечелева. – Изд-во: ЗАО «Университетская книга» 2016. – С. 164-166.
8. Левитес Е. В. Генетика изоферментов растений. / Е. В. Левитес. – Новосибирск: Наука, 1986. – 145 с.
9. Малый практикум по физиологии растений: Учеб. Пособие. / Под ред. А.Т. Мокроносова. – М.: Изд-во МГУ, 1994. – 184 с.
10. Мощевикова Т. В. Экологические аспекты применения природных цеолитов Вангинского месторождения в животноводстве. дисс. кандидата биологических наук по специальности 03.00.16. – Красноярск, 2000. – 138 с.
11. Ферменты антиоксидантной системы – индикаторы разных сценариев ксиллогенеза: в раннем онтогенезе и во взрослом состоянии (на примере *Betula Pendula* Roth). / К. М. Никерова, Н. А. Галибина, Ю. Л. Мощенская и др. // *Труды карельского научного центра Российской академии наук*. – 2018. – № 6. – С. 68–80.
12. Парахин Н. В. Основы растениеводства на загрязненных радионуклидами почвах. / Н. В. Парахин // *Земледелие*. – 2008. – № 5. – С.10-11.
13. Просяников Е. В. Использование капролита, цеолита и гумата-люкс при выращивании рассады томата Текст. / Е. В. Просяников // *Агрохимия*. – 2008. – №3. – С. 20-26.
14. Рогожин В. В. Практикум по физиологии и биохимии растений: учеб. пособие. / В. В. Рогожин, Т. В. Рогожина. – СПб.: Изд-во ГИОРД, 2013. – 352 с.

15. Сверлова Л. И. Сельскохозяйственная оценка продуктивности климата Восточной Сибири, Дальнего Востока и трассы БАМ для ранних яровых культур. / Л. И. Сверлова. – Гидрометиздат, 1980. – 183 с.
16. Синеговская В. Т. Посевы сои в Приамурье как фотосинтезирующие системы : [монография] / В. Т. Синеговская // Российская акад. с.-х. наук, Всероссийский науч.-исслед. ин-т сои. – Благовещенск, 2005. – 119 с.
17. Сокаев К. Е. Содержание тяжелых металлов в почве и растительной продукции при применении агромелиорантов Текст. / К. Е. Сокаев, Р. М. Сокаева // Плодородие. – 2008. – № 2. – С. 3-4.
18. Чесноков Ю. В. Биохимические маркеры в генетических исследованиях культурных растений: применимость и ограничения (обзор). / Ю. В. Чесноков // Сельскохозяйственная биология. – 2019. – Т. 54, № 5. – С. 863-874.
19. Юрков В.В. Цеолиты Амурской области. / В. В. Юрков, С. В. Ланкин, С. В. Барышников // Вестник ДВО РАН. – 2004. – №1. – С. 69-79.
20. Янченко Е. А. Применение цеолитсодержащих препаратов в растениеводстве. / Е. А. Янченко // В сборнике: Земельные ресурсы: перспективы использования в ЮФО. Материалы научно-практической конференции, посвященной 25-летию специальности «Землеустройство». Министерство сельского хозяйства РФ, ФГОУ ВПО «Новочеркасская государственная мелиоративная академия». – 2007. – С.39-41.
21. Devis B. J. Disc electrophoresis. II. Method and application to human serum proteinse / B. J. Devis // Annals of the New York Academy of Sciences. – 1964. – Vol. 121. – № 1. – P. 404-427.
22. The soybean purple acid phosphatase GmPAP14 predominantly enhances external phytate utilization in plants. / Kong Y., Li X., Wang B., Li W. et al. // Frontiers in Plant Science. — 2018. — V. 9. — P. 292.
23. Lowry, O. H. Protein measurement with the Folin phenol reagent / O.H. Lowry. // J.Biol.Chem. – 1951. – V. 193, №1. – P. 265-275.
24. The influence of natural zeolites on growth, development and yield of sunflower / K. M. Mukhametkarimov, S. M. Kulzhanova, Zh .B. Bekpergenova et al. // Modern Science. – 2017. – № 6-1. – pp. 41-45.
25. Rassel, W. E. The precipitation of polyribonucleotides with magnesium salte and etanol/ W. E. Rassel. // J. Biol. Chem. – 1963. – V. 238, № 9. – P. 3053-3057.
26. Effect of Zinc-Bearing Zeolite Clinoptilolite on Growth Performance, Nutrient Retention, Digestive Enzyme Activities, and Intestinal Function of Broiler Chickens. / Tang Z.G., Wen C., Li P., Wang T. et al. // Biological trace element research. – 2014. – V. 158, I. 1. – P. 51-57. DOI: 10.1007/s12011-014-9900-3.
27. Teng X.-L. Identification of a Catalase-Phenol Oxidase in Betalain Biosynthesis in Red Amaranth (*Amaranthus cruentus*). / Chen, N., Xiao, X.-G. //frontiers in Plant Science. – (2016). – 6. DOI:10.3389/fpls.2015.01228.
28. Wendel, J. L. Visualization and interpretation of plant isozymes / J.L. Wendel, N.F. Weeden// In. D.E. Soltis and P.S. Soltis (eds.), *Isozymes in plant biology*. – Dioscorides Press, Portland, 1989. – P. 5-45.
29. Effects of cadmium exposure on the growth, photosynthesis, and antioxidant defense system in two radish (*Raphanus sativus* L.) cultivars / Xin J., Zhao X.H., Tan Q.L. et al. // Photosynthetica. – 2019. – Vol. 57(4). – P. 967–973.
30. Bio-based phenolic-branched-chain fatty acid isomers synthesized from vegetable oils and natural monophenols using modified H⁺-Ferrierite zeolite(Article). / Yan Z., Wagner K., et al. // Industrial Crops and Products. – 2018. – V. 114. – P.115-122.
31. The Activity of Hydrolases and Their Protein Inhibitors in Potato Tissues at Phytophthora infestans infection and Stability Inductors Processing. / Yarullina L. G., Ibragimov R. I., Shpirnaya Burkhanova I. A., et al. // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2018. – Vol. 9. №. 3. – Pp. 1042–1048.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Abaev A. A. Ispolzovaniye tseolitov dlya povysheniya produktivnosti soi. [The use of zeolites to increase the productivity of soybeans]. / A. A. Abaev // Agrochemistry. – 2008. – No. 2. – pp. 26-32. [in Russian]
2. Antioksidantnyye i immunomoduliruyushchiye svoystva prirodnkh tseolitov [Antioxidant and immunomodulatory properties of natural zeolites.]. / K. S. Golokhvast. A. M. Panichev. A. N. Gulkov et al. // Tikhookeanskiy meditsinskiy zhurnal [Pacific Medical Journal]. – 2009. – № 3 (37). – pp. 68-70. [in Russian]
3. Dzhametev V.Yu., Zhmurko V.V. Starch content in cotyledons of germinating soybeans under cold stress conditions. / V. Yu. Dzhametev. V. V. Zhmurko // Fiziologiya i biokhimiya rasteniy [Plant Physiology and Biochemistry]. – 1997. – Vol. 29. No 5. – pp. 370-376. [in Russian]
4. Ivachenko L. E. Rol biologicheskii aktivnykh veshchestv soi v adaptatsii k usloviyam vyrashchivaniya: monografiya IIU [The role of biologically active substances in soybeans in adaptation to growing conditions: monograph.: IIU]. / L. E. Ivachenko. A. S. Konichev. – MGOU. 2016. – 154 p. [in Russian]
5. Ivachenko, L.E. Metody izucheniya polimorfizma fermentov soi: uchebnoye posobiye [Methods for studying polymorphism of soybean enzymes: a tutorial]. / L. E. Ivachenko. – Blagoveshchensk: BSPU Publishing House, 2008. – 138p.
6. Lavrentieva S. I. Vliyaniye agroekologicheskikh usloviy vyrashchivaniya na ribonukleaznyuyu aktivnost soi [Influence of agroecological growing conditions on ribonuclease activity of soybeans. (monograph)]. / S. I. Lavrentieva, M. V. Yakimenko. – Blagoveshchensk: BSPU Publishing House, 2013. – 128 p. [in Russian]
7. Lavrentyeva S.I. Udelnaya aktivnost ribonukleaz prorostkov soi. vyrashchennykh na pochve. soderzhashchey sulfat tsinka i tseolity. cb. Fundamentalnyye iprikladnyye issledovaniya v oblasti khimii i ekologii. Materialy mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii. Kursk (21-23 sentyabrya. 2016). [Specific activity of ribonucleases in soybean seedlings grown on soil containing zinc sulfate and zeolites. cb. Fundamental and applied research in the field of chemistry and ecology. Materials of the international scientific conference. Kursk (September 21-23, 2016)] / S. I. Lavrentyeva. G.V. Checheleva. – Publishing house: JSC "University Book" 2016. P. 164-166. [in Russian]
8. Levites E. V. Genetika izofermentov rasteniy [Genetics of plant isozymes]. / E. V. Levites. – Novosibirsk: Nauka, 1986.– 145 p. [in Russian]
9. Mokronosov, A. T. Malyy praktikum po fiziologii rasteniy: Ucheb. Posobiye. [Small workshop on plant physiology: Textbook. Allowance]. / A. T. Mokronosov. – Publishing house of Moscow State University, 1994. – 184 p. [in Russian]

10. Moschevikina T.V. *Ekologicheskiye aspekty primeneniya prirodnkh tseolitov Vanginskogo mestorozhdeniya v zhivotnovodstve*. diss. kandidata biologicheskikh nauk po spetsialnosti 03.00.16. – Krasnoyarsk. [Environmental aspects of the use of natural zeolites of the Vanginsky field in animal husbandry. diss. candidate of biological sciences, specialty 03.00.16. Krasnoyarsk]. – 2000. – 138 p. [in Russian]

11. Enzymes of the antioxidant system – indicators of different scenarios of xylogenesis: in early ontogeny and in adulthood (for example, *Betula Pendula* Roth). [Fermenty antioksidantnoy sistemy – indikatory raznykh stsenariyev ksilogeneza: v rannem ontogeneze i vo vzrosлом sostoyanii (na primere *Betula Pendula* Roth)]. / K. M. Nikerova. N. A. Galibina. Yu. L. Moshchenskaya et al. // *Trudy karelskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk* [Proceedings of the Karelian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences]. – 2018. – No 6. – pp. 68–80. [in Russian]

12. Parakhin N. V. *Osnovy rasteniyevodstva na zagryaznennykh radionuklidami pochvakh*. [Fundamentals of crop production on radionuclide-contaminated soils Text.]. / N. V. Parakhin // *Zemledeliye* [Agriculture]. – 2008. – No 5. – pp. 10-11. [in Russian]

13. Prosyannikov E. V. *Ispolzovaniye kaprolita. tseolita i gumata-lyuks pri vyrashchivaniy rassady tomatov* Tekst. [The use of caprolite, zeolite and luxury humate in growing tomato seedlings Text.]. / E. V. Prosyannikov // *Agrokimiya* [Agrochemistry]. – 2008. – No 3. – pp. 20-26. [in Russian]

14. Rogozhin V. V. *Praktikum po fiziologii i biokhimii rasteniy: ucheb. posobiye* [Workshop on plant physiology and biochemistry: textbook. Allowance]. / V. V. Rogozhin. T. V. Rogozhina. – SPb.: Publishing house GIOR, 2013. – 352 p. [in Russian]

15. Sverlova L. I. *Selskokhozyaystvennaya otsenka produktivnosti klimata Vostochnoy Sibiri. Dalnego Vostoka i trassy BAM dlya rannikh yarovykh kultur* [Agricultural assessment of the productivity of the climate of Eastern Siberia, the Far East and the BAM route for early spring crops]. / L. I. Sverlova. – Gidrometizdat, 1980. – 183 p. [in Russian]

16. Sinegovskaya V. T. *Posevy soi v Priamurye kak fotosinteziruyushchiye sistemy: [monografiya]* [Soybean crops in the Amur region as photosynthetic systems: [monograph]]. / V. T. Sinegovskaya // *Rossiyskaya akad. s.-kh. nauk. Vserossiyskiy nauch.-issled. in-t soi*. [Russian Acad. s.-kh. sciences, All-Russian scientific research. in-t soy]. – Blagoveshchensk, 2005. – 119 p. [in Russian]

17. Sokayev K. E. *Soderzhaniye tyazhelykh metallov v pochve i rastitelnoy produktsii pri primeneni agromeliorantov* Tekst. [PM Content of heavy metals in soil and plant products when using agromeliorants Text.]. / K. E. Sokayev. P. M. Sokayeva // *Plodorodiye* [Fertility]. – 2008. – No 2. – pp. 3-4. [in Russian]

18. Chesnokov Yu. V. *Biokhimicheskiye markery v geneticheskikh issledovaniyakh kulturnykh rasteniy: primenimost i ogranicheniya (obzor)*. [Biochemical markers in genetic studies of cultivated plants: applicability and limitations (review)]. / Yu. V. Chesnokov // *Selskokhozyaystvennaya biologiya* [Agricultural biology]. – 2019. – Vol. 54. No 5. – pp. 863-874. [in Russian]

19. Yurkov V.V. *Tseolity Amurskoy oblasti. [Zeolites of the Amur Region]* / V. V. Yurkov. S. V. Lankin. S. V. Baryshnikov // *Vestnik DVO RAN* [Bulletin of the FEB RAS]. – 2004. – No 1. – pp. 69-79. [in Russian]

20. Yanchenko E. A. *Primeneniye tseolitsoderzhashchikh preparatov v rastenevodstve* [The use of zeolite-containing preparations in crop production]. / E. A. Yanchenko // *V sbornike: Zemelnyye resursy: perspektivy ispolzovaniya v YuFO. Materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii. posvyashchennoy 25-letiyu spetsialnosti «Zemelustroystvo»*. Ministerstvo selskogo khozyaystva RF. FGOU VPO «Novocherkasskaya gosudarstvennaya meliorativnaya akademiya» [in the collection: Land resources: prospects for use in the Southern Federal District. Materials of the scientific-practical conference dedicated to the 25th anniversary of the specialty "Land management". Ministry of Agriculture of the Russian Federation, Federal State Educational Institution of Higher Professional Education "Novocherkassk State Melioration Academy"]. – 2007. – pp. 39-41. [in Russian]

21. Devis B. J. *Disc electrophoresis. II. Method and application to human serum proteinase* / B. J. Devis // *Annals of the New York Academy of Sciences*. – 1964. – Vol. 121. – № 1. – P. 404–427.

22. *The soybean purple acid phosphatase GmPAP14 predominantly enhances external phytate utilization in plants.* / Kong Y., Li X., Wang B., Li W. et al. // *Frontiers in Plant Science*. — 2018. — V. 9. — P. 292.

23. Lowry, O. H. *Protein measurement with the Folin phenol reagent* / O.H. Lowry. // *J.Biol.Chem.* – 1951. – V. 193, №1. – P. 265-275.

24. *The influence of natural zeolites on growth, development and yield of sunflower* / K. M. Mukhametkarimov, S. M. Kulzhanova, Zh .B. Bekpergenova et al. // *Modern Science*. – 2017. – № 6-1. – pp. 41-45.

25. *Rassel, W. E. The precipitation of polyribonucleotides with magnesium salte and etanol/* W. E. Rassel. // *J. Biol. Chem.* – 1963. – V. 238, № 9. – P. 3053-3057.

26. *Effect of Zinc-Bearing Zeolite Clinoptilolite on Growth Performance, Nutrient Retention, Digestive Enzyme Activities, and Intestinal Function of Broiler Chickens.* / Tang Z.G., Wen C., Li P., Wang T. et al. // *Biological trace element research*. – 2014. – V. 158, I. 1. – P. 51-57. DOI: 10.1007/s12011-014-9900-3.

27. *Teng X.-L. Identification of a Catalase-Phenol Oxidase in Betalain Biosynthesis in Red Amaranth (Amaranthus cruentus).* / Chen, N., Xiao, X.-G. // *frontiers in Plant Science*. – (2016). – 6. DOI:10.3389/fpls.2015.01228.

28. *Wendel, J. L. Visualization and interpretation of plant isozymes* / J.L. Wendel, N.F. Weeden// In. D.E. Soltis and P.S. Soltis (eds.), *Isozymes in plant biology*. – Dioscorides Press, Portland, 1989. – P. 5-45.

29. *Effects of cadmium exposure on the growth, photosynthesis, and antioxidant defense system in two radish (Raphanus sativus L.) cultivars* / Xin J., Zhao X.H., Tan Q.L. et al. // *Photosynthetica*. – 2019. – Vol. 57(4). – P. 967–973.

30. *Bio-based phenolic-branched-chain fatty acid isomers synthesized from vegetable oils and natural monophenols using modified H⁺-Ferrierite zeolite*(Article). / Yan Z., Wagner K., et al. // *Industrial Crops and Products*. – 2018. – V. 114. – P.115-122.

31. *The Activity of Hydrolases and Their Protein Inhibitors in Potato Tissues at Phytophthora infestans infection and Stability Inductors Processing.* / Yarullina L. G., Ibragimov R. I., Shpirnaya Burkhanova I. A., et al. // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. – 2018. – Vol. 9. №. 3. – Pp. 1042–1048.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.118.4.094>**МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЪЕМА ДРЕВОСТОЯ С ЦЕЛЬЮ КОЛИЧЕСТВЕННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОГЛОЩЕНИЯ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ**

Научная статья

Федосеев О.Н.^{1,*}, Хурнова Л.М.²^{1, 2} Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Пенза, Россия

* Корреспондирующий автор (OlegF1962[at]mail.ru)

Аннотация

Для количественного определения поглощения парниковых газов по методике, изложенной в Распоряжении Минприроды Российской Федерации от 02.07.2021, разработана математическая модель зависимости объема вегетативной массы деревьев от их возрастного класса и диаметра ствола. Предложено теоретическое обоснование модели и аллометрические коэффициенты для возрастных классов: молодняки I и II классов, средневозрастные, приспевающие, спелые и перестойные. Для пород: сосна, ель/пихта, лиственница, кедр, дуб высоко- и низкоствольный, клен, вяз, береза, осина, липа; средние для хвойных, твердолиственных, мягколиственных.

Произведена верификация модели с использованием критериев разности средних по Стьюденту (от 0,01 до 0,14) и эффективности модели по Nash (от 0,971 до 0,999). Определена погрешность модели по сравнению с традиционным способом расчета объема ствола (от 1,2 до 6,2%).

Ключевые слова: парниковые газы, объемные таблицы, объем поглощения, методика количественного определения.

MODELING OF THE VOLUME OF A FOREST STAND IN ORDER TO QUANTIFY THE ABSORPTION OF GREENHOUSE GASES

Research article

Fedoseev O.N.^{1,*}, Khurnova L.M.²

Penza State University of Architecture and Construction, Penza, Russian Federation

* Corresponding author (OlegF1962@mail.ru)

Abstract

To quantify the absorption of greenhouse gases according to the methodology set out in the Order of the Ministry of Natural Resources of the Russian Federation dated 02.07.2021, the study introduces a mathematical model of the dependence of the volume of vegetative mass of trees on their age class and trunk diameter. The study proposes the theoretical substantiation of the model and allometric coefficients for age classes: young stock of classes I and II, middle-aged, ripening, ripe, and over-ripe; for the following breeds: pine, spruce/fir, larch, cedar, short- and long-stemmed oak, maple, elm, birch, aspen, linden; medium for coniferous, hard-wooded broadleaved, soft-wooded broadleaved species.

The model was verified using the criteria of the difference in Student averages (from 0.01 to 0.14) and the effectiveness of the Nash model (from 0.971 to 0.999). The study also determines the error of the model in comparison with the traditional method of calculating the volume of the barrel (from 1.2 to 6.2%).

Keywords: greenhouse gases, volumetric tables, absorption volume, quantitative determination method.

Введение

Существуют объективные теоретические доказательства главной роли человечества в увеличении концентрации парниковых газов в атмосфере в настоящее время. Это же подтверждает корреляционный анализ динамики выбросов от сжигания топлива и роста концентрации CO₂ в атмосфере [4].

Для последовательного сведения углеродного баланса к нулю в России вышел Федеральный закон № 296 от 02.07.2021, который предусматривает создание реестра углеродных единиц - информационной системы, в которой регистрируются климатические проекты, и ведётся учёт углеродных единиц и операций с ними [12].

При создании реестра углеродных единиц требуется огромный банк данных по учету парниковых газов на источниках их выделения и ассимиляции. Если данные инвентаризации источников выбросов парниковых газов осуществляется в системе федерального статистического наблюдения, то для учета их поглощения требуется большая исследовательская работа, включающая лесотаксационные и экологические приемы.

Основным документом, регламентирующим методику количественного определения объема поглощения парниковых газов, является Распоряжение Минприроды Российской Федерации от 02.07.2021 [6] (далее Методические указания). Для учета поглощения парниковых газов на территории организаций на основе данного документа требуется создать программный продукт, которым они могли бы пользоваться. Однако, в предложенной методике отсутствуют алгоритмы, рассчитывающие объем деревьев большинства пород России.

Цель исследования

Разработка математической модели зависимости объема вегетативной части деревьев от диаметра ствола.

Материал и методы

Апробацию методики расчета объемов поглощения углекислого газа на административной территории Пензенского государственного университета архитектуры и строительства, относящейся к Железнодорожному району г. Пензы, проводили в период 2021-2022 года.

В соответствии с ОСТ 56-69-83 [7] были заложены 10 пробных площадок размером 30х30 м, на которых выбраны 229 модельных деревьев методом случайной выборки.

Определение возрастного класса древостоя производился визуально с делением на рекомендуемые Методическими указаниями 4 группы – молодняки I и II классов, средневозрастные, приспевающие, спелые и перестойные.

Общая площадь участка и доля ее зарастания лесом рассчитывались по спутниковой карте EarthExplorer [13] с использованием пинетки.

Диаметр дерева определяли по длине окружности ствола на высоте 1,3 м. Высоту деревьев измеряли теодолитом RGK T-20.

Полученные данные усреднялись. Верификацию модели изменения объема деревьев с возрастом производили методом сравнения результатов работы полученной модели и результатов расчетов объема деревьев с использованием усредненных по регионам Объемных таблиц Союзлеспрома [2] и им подобных из лесотаксационных справочников по критерию разности средних Стьюдента и показателю эффективности модели по Nash J. E. и Sutcliffe, J. V. [14].

Результаты и обсуждение

Опыт использования Методических указаний [6] на территории г. Пензы показал, что организации, имеющие на своей территории объекты ассимиляции CO₂, не имеют технической возможности рассчитать объемы поглощения углерода углекислого газа пулом биомассы древостоя.

Причины следующие: большой массив данных для расчета; выявлены трудности определения высоты деревьев из-за помех, вызванных стоящими рядом зданиями. И, наконец, для определения запаса древесины необходимо «вручную» использовать множество Объемных таблиц стволов в коре по высоте и диаметру, для чего требуется использование специальной литературы и лесотаксационных справочников.

В целях унификации, возможности программирования на общедоступных средствах и уменьшения времени расчетов нами предлагается математическая модель, построенная на основании данных зависимости индивидуального объема дерева от возрастного класса и диаметра ствола на высоте 1,3 м для наиболее распространенных в городской среде пород деревьев.

Для этого в качестве базовой модели использовали уравнение роста животных Бергаланфи [15], основанное на использовании функции регрессии экспериментальных данных нарастающей экспонентой, имеющейся в прикладных компьютерных программах (Excel). Уравнение было выведено еще в 20 г. XX века, и в дальнейшем было приспособлено для использования не только для моделирования роста животных, но и растений [5], [9].

Так по Enquist и др. [16] рост биомассы древостоя пропорционален поглощающей поверхности листьев:

$$dM / dt = fS \quad (1)$$

Откуда

$$S = gM^{3/5} \quad (2)$$

где: f – удельная скорость поглощения ресурса; S – площадь листьев, соответствующая биомассе или объему ствола (M или V); g – аллометрический параметр зависимости биомассы и поглощающей поверхности.

Удельная скорость поглощения ресурса зависит от возраста дерева согласно стандартной логистической кривой, в нашем случае она будет определяться возрастным классом древостоя. Так наибольшая величина f , определяющая удельную ассимиляцию CO₂ будет у средневозрастных и приспевающих деревьев, что согласуется с литературными данными. Так же должен себя вести и аллометрический параметр g .

В тоже время существует корреляция объема ствола дерева и его диаметра D (для различных пород коэффициент корреляции варьирует около 0,95). При использовании репрезентативного массива данных это говорит о том, что объем и диаметр связаны, но не прямо пропорциональны друг другу. Так показатель корреляционного отношения по Пирсону [10], измеряющий степень криволинейной связи, оказался очень высоким и для исследуемой зависимости составил $\eta^2=0,999$. Поэтому уравнение 2 можно преобразовать в следующем виде:

$$V = (D / g)^{5/3} = (1 / g)^{5/3} D^{5/3} = aD^{5/3} \quad (3)$$

Показатель степени $5/3=1,66(6)$ как раз и является тем аллометрическим коэффициентом, который определяет степень криволинейности связи диаметра и объема, и как показали дальнейшие исследования, для различных возрастных классов и пород может изменяться от 1,1 до 2,5.

Таким образом, теоретическое уравнение зависимости объема ствола от его диаметра справедливо выразить в виде степенной функции:

$$V = aD^b \quad (4)$$

где: V – объем ствола, м³; a , b – эмпирические аллометрические коэффициенты; D – диаметр ствола, см.

При аппроксимации данной зависимости для разных пород деревьев использовались усредненные по регионам Объемные таблицы, которые обычно применяются для определения объема дерева по диаметру ствола и высоте. Они имеются в Лесотаксационном справочнике и множестве его дополнений [1], [3], [8], [11]. Усреднение данных, которое

производилось при их подготовке к аппроксимации, конечно, будет нивелировать конкретные климатические условия, но при массовом применении для алгоритма Методических указаний должно показать верные результаты.

Использовались следующие возрастные классы: I, II. Молодняки I и II классов возраста; III. Средневозрастные; IV. Приспевающие; V. Спелые и перестойные.

Результаты аппроксимации приведены в табл. 1. Средний уровень достоверности полученных уравнений по R^2 составил $0,9967 \pm 0,00198$.

Таблица 1 – Эмпирические аллометрические коэффициенты а и b модели $V=aD^b$ (зависимости объема ствола (V, м³) от его диаметра ($D_{1,3}$, см))

Порода	Возрастной класс	a	b	Достоверность по R^2
Сосна	I, II	0,0003	2,2004	0,9894
	III	0,0006	2,037	0,9993
	IV	0,0009	1,9798	0,9993
	V	0,0014	1,9032	0,9995
Ель, пихта	I, II	0,0006	1,9736	0,9945
	III	0,0009	1,914	0,9972
	IV	0,0011	1,9596	0,9990
	V	0,0016	1,8923	1,0000
Лиственница	I, II	0,0003	2,1419	0,9997
	III	0,0005	2,043	0,9985
	IV	0,0010	1,9717	0,9988
	V	0,0014	1,939	0,9998
Кедр	I, II	0,0002	2,3512	0,9965
	III	0,0001	2,5894	0,9981
	IV	0,0006	2,0863	0,9989
	V	0,0009	1,9992	1,0000
Средняя для хвойных	I, II	$0,00035 \pm 8,66E-05$	$2,1668 \pm 0,078$	
	III	$0,00053 \pm 0,000165$	$2,1459 \pm 0,1508$	
	IV	$0,0009 \pm 0,00011$	$1,9994 \pm 0,0293$	
	V	$0,00133 \pm 0,00015$	$1,9335 \pm 0,0241$	
Дуб низкоствольный	I, II	0,0002	2,1281	0,9986
	III	0,0003	2,165	0,9127
	IV	0,0003	2,2018	0,9992
	V	0,0005	2,1649	0,9994
Дуб высокоствольный	I, II	0,0004	2,0672	0,9993
	III	0,0006	2,0365	0,9997
	IV	0,0004	2,1758	0,9995
	V	0,0006	2,1625	0,9992
Клен	I, II	0,0003	2,4773	0,9992
	III	0,0003	2,4401	0,9997
	IV	0,0024	1,9816	0,9978
	V	0,0141	1,5961	0,9998
Вяз	I, II	0,0007	2,2042	0,9998
	III	0,0018	1,9272	0,9986
	IV	0,0442	1,1698	0,9999
	V	0,0547	1,1236	1,0000
Средняя для твердолиственных	I, II	$0,0004 \pm 0,000108$	$2,2192 \pm 0,0905$	
	III	$0,0008 \pm 0,00036$	$2,1422 \pm 0,1105$	
	IV	$0,01183 \pm 0,0108$	$1,8823 \pm 0,2425$	
	V	$0,01748 \pm 0,012813$	$1,7618 \pm 0,2513$	
Береза	I, II	0,0004	2,1321	0,9995
	III	0,0005	2,0847	0,9990
	IV	0,0007	2,0634	0,9992
	V	0,0010	2,0147	0,9996
Осина	I, II	0,0004	2,1415	0,9997
	III	0,0006	2,0932	0,9993
	IV	0,0009	2,0367	0,9997
	V	0,0011	2,0128	0,9998

Окончание таблицы 1 – Эмпирические аллометрические коэффициенты а и b модели $V=aD^b$ (зависимости объема ствола (V , м³) от его диаметра ($D_{1,3}$, см))

Порода	Возрастной класс	a	b	Достоверность по R ²
Липа	I, II	9E-05	2,4034	0,9991
	III	0,0001	2,4115	0,9904
	IV	0,0006	2,051	0,9990
	V	0,0010	2,0277	0,9994
Средняя для мягколиственных	I, II	0,0003±0,000103	2,2257±0,0889	
	III	0,0004±0,00015	2,1965±0,1076	
	IV	0,00073±8,82E-05	2,0504±0,0077	
	V	0,001±3,33E-05	2,0184±0,0046	

Анализ полученных аллометрических коэффициентов показал, что при повышении возрастного класса угол наклона касательной к кривой роста (продукция) возрастает в соответствии с увеличением коэффициента а. В тоже время, с увеличением возраста древостоя, вогнутость кривой, определяемая коэффициентом b, уменьшается, из-за чего в модели скорость роста становится более прямолинейной. То есть с возрастом продукция дерева растет, но ее экспоненциальность уменьшается, стремясь к прямолинейности.

Существенные различия характера данной зависимости среди возрастных классов наблюдаются между молодняком и более старшими группами (см. рисунок 1). От III класса и выше различия менее существенны. Для остальных пород деревьев наблюдается аналогичная картина.

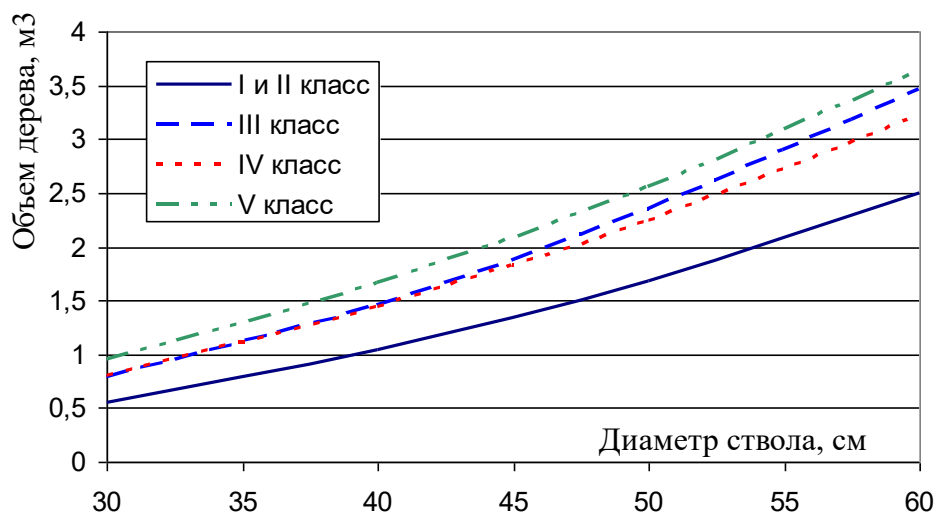


Рис. 1 – Иллюстрация зависимости объема дерева от диаметра его ствола на высоте 1,3 м для различных возрастных классов (среднее для хвойных)

Усредненные результаты расчетов объемов древостоя на пробных площадках по стандартному методу (использование Объемных таблиц) и с помощью модели 4 представлены в табл. 2. Сравнение результатов показывает, что достоверной разности между средними объемами древостоя разных возрастных классов не наблюдается. Объем выборки по породам составил не менее 40 экз. для каждого возрастного класса. Коэффициент эффективности модели варьировал от 0,971 для березы до 0,999 для вяза.

Таблица 2 – Оценка адекватности модели 4 по результатам сравнения объемов древесины, рассчитанных разными способами

Порода	Средний объем, м ³		Коэффициент разности по Стьюденту (достоверность разности)	Коэффициент эффективности модели по Nash и Sutcliffe, 1970	Погрешность (%) для порога вероятности 0,95
	По объемным таблицам	По модели (табл. 1)			
Сосна	0,904±0,131	0,877±0,127	0,14 (<0,95)	0,994	2,9±0,8
Ель	0,937±0,174	0,971±0,178	0,14 (<0,95)	0,993	3,6±1,6
Дуб высокоств.	0,831±0,139	0,806±0,137	0,12 (<0,95)	0,985	3,0±1,7
Береза	0,753±0,107	0,762±0,112	0,06 (<0,95)	0,971	1,2±1,9
Липа	0,822±0,147	0,771±0,139	0,26 (<0,95)	0,978	6,2±2,2
Вяз	5,453±0,724	5,463±0,723	0,01 (<0,95)	0,999	1,2±0,3

В Методических указаниях предложена следующая модель, использующая в качестве аргументов диаметр и высоту деревьев:

$$C = a * D^2 * H^b \quad (5)$$

где, С - биомасса древостоя, кг абсолютно сухого веса; D - диаметр ствола на высоте 1,3 м, см; h - высота дерева, м; а и b - коэффициенты аллометрического уравнения для разных фракций и древесных пород (табл.2, Прил.№2 к Методическим указаниям).

Оценка адекватности данной модели (см. табл. 3) показала, что коэффициенты уравнения 5 справедливы только в отношении сосны. Для ели и березы предложенные в Методических указаниях коэффициенты уравнения 5 неверны и неправильно отражают данную зависимость.

Таблица 3 – Оценка адекватности модели 5 Методических указаний по результатам сравнения объемов древесины, рассчитанных разными способами.

Порода	Средний объем, м ³		Коэффициент разности по Стьюденту (достоверность разности)	Коэффициент эффективности модели по Nash и Sutcliffe, 1970	Погрешность (%) для порога вероятности 0,95
	По Объемным таблицам	По модели 5 [6, табл.2, Прил.2]			
Сосна	0,904±0,131	1,056±0,159	0,86 (<0,95)	0,915	16,8±20,9
Ель	0,937±0,174	2,214±0,423	2,7 (0,99)	-2,530	136,3±3,7
Береза	0,753±0,107	6,198±0,849	6,36 (0,999)	-115,9	755,7±15,6

Заключение

Полученная математическая модель может использоваться в программировании алгоритма пункта VIII. «Расчет объема поглощений парниковых газов лесными землями» Методических указаний по количественному определению объема поглощения парниковых газов (в ред. распоряжения Минприроды России от 27.12.2018 N 41-р) для расчета объемного запаса стволовой древесины с погрешностью относительно стандартного метода не более 6,2 %.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Ветров Л. С. Лесное хозяйство. Таксация леса / Л. С. Ветров, С. В. Вавилов, И. В. Никифорчин. – СПб.: СПбГЛТУ, 2015. – 82 с.
2. Лесотаксационный справочник / Б.И. Грошев, С.Г. Синицын, П.И. Мороз, и др. – 2-е изд., перераб. – М.: Лесная промышленность, 1980. – С. 49-87.
3. Заварзин В. В. Форма и объем стволов Кедра сибирского / В.В. Заварзин, А.В. Лебедев // Лесной вестник. – 2016. – №2. – С. 44-52.
4. Лес и климат / Д.Г. Замолотчиков, К.Н. Кобяков, А. О. Кокорин и др. – М.: Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2015. – 40 с.
5. Корзухин М. Д. Построение кривых хода роста древостоев на основе обобщенной модели Берталанфи по данным государственного лесного реестра / М. Д. Корзухин // Лесоведение. – 2019. – №2. – С. 105-114.
6. Методические указания по количественному определению объема поглощения парниковых газов. Утверждены распоряжением Минприроды России от 0.06.2017 №20-р. – 151 с.
7. ОСТ 56-69-83 Площади пробные лесоустойчивые. Метод закладки. – М.: ЦНБТИ Гослесхоза СССР, 1984. – 59 с.
8. ООО "Линкор". Таблица объемов деревьев. [Электронный ресурс] – ООО "Линкор" – URL: <https://linkor.ucoz.org/documents/treesscale.htm> (дата обращения 21.12.2021).
9. Парамонов А. А. Таблицы объемов стволов по диаметру и высоте ивы древовидной в северо-таежном районе / А. А. Парамонов, С. В. Третьяков, С. В. Коптев // Сибирский лесной журнал – 2020. – № 3. – С. 73–79.
10. Плохинский Н. А. Биометрия / Н. А. Плохинский – 2-е изд. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 367 с.
11. Черных В. Л. Таксация леса. Нормативно-справочная информация / В. Л. Черных, П. М. Верхунов, А. В. Попова, О. Н. Бажин – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2006. – С. 53-66.
12. Российская федерация. Федеральный закон от 2 июля 2021 г. N 296-ФЗ "Об ограничении выбросов парниковых газов" – Система Гарант. [Электронный ресурс] – URL: <http://ivo.garant.ru/#/document/401420454/paragraph/1:0> (дата обращения 21.12.2021).
13. EarthExplorer [Electronic resource] – URL: <https://earthexplorer.usgs.gov> (accessed: 17.09.2021).
14. Nash J. E. River flow forecasting through conceptual models part I – A discussion of principles / J. E. Nash, J. V. Sutcliffe // Journal of Hydrology. – 1970. – 10 (3). – 282–290. Bibcode: JHyd...10..282N. DOI:10.1016/0022-1694(70)90255-6.
15. Bertalanffy L. von. Quantitative laws in metabolism and growth / L. von Bertalanffy // The Quarterly Review of Biology. – 1957. – V. 32. – P. 217–231.

16. Enquist B.J. Extensions and evaluations of a general quantitative theory of forest structure and dynamics, Proceedings of the National Academy of Sciences / B.J. Enquist, G.B. West, J.H. Brown – 2009, Vol. 106, No. 17, pp. 7046–7051. [Electronic resource] http://climate.uvic.ca/model/common/HCTN_24.pdf, (accessed: 28.02.2022).

Список литературы на английском языке / References in English

1. Winds L. S. Lesnoye khozyaystvo. Taksatsiya lesa [Forestry. Forest Taxation] / L.S. Vetrov, S.V. Vavilov, I.V. Nikiforchin – St. Petersburg: SPbGLTU, 2015. – 82 p. [in Russian]
2. Lesotaxation Handbook [Lesotaksatsionnyy spravochnik] / B.I. Groshev, S.G. Sinitsyn, P.I. Moroz et al. – 2nd ed., Redesign. – M.: Forest industry, 1980. – pp. 49-87. [in Russian]
3. Zavarzin V. V. The shape and volume of the barrels of the Siberian Cedar [Forma i obyem stvolov Kedra sibirskogo] / V. V. Zavarzin, A. V. Lebedev // [Lesnoy vestnik] Forest Bulletin. – 2016. – No 2. – pp. 44-52. [in Russian]
4. Les i klimat [Forest and climate]. / D.G. Zamolodchikov, K.N. Kobayakov, A.O. Kokorin, A.A. Aleinikov et al. – M.: World Wildlife Fund (WWF), 2015. – 40 p. [in Russian]
5. Korzukhin M. D. Postroyeniye krivyykh khoda rosta drevostoyev na osnove obobshchennoy modeli Bertalanfi po dannym gosudarstvennogo lesnogo reyestra [Construction of curves for the growth of woodlands based on the generalized Bertalanfi model according to the state forest register]. / M. D. Korzukhin// Lesovedeniye [Forestry]. – 2019, No. 2. – pp. 105-114. [in Russian]
6. Metodicheskiye ukazaniya po kolichestvennomu opredeleniyu obyema pogloshcheniya parnikovyykh gazov. Utverzhdeny rasporyazheniyem Minprirody Rossii ot 0.06.2017 №20-r. [Guidelines for quantifying greenhouse gas uptake. Approved by order of the Ministry of Natural Resources of Russia dated 0.06.2017 No. 20-r]. – 151 p. [in Russian]
7. OST 56-69-83 Ploshchadi probnyye lesoustroitelnyye. Metod zakladki. [OST 56-69-83 Pilot forest-building areas. Bookmark method]. – M.: TsNBTI Gosleskhoz of the USSR, 1984. – 59 pages. [in Russian]
8. LLC "Linkor." Tablitsa obyemov derevyev. [Table of tree volumes]. [Electronic resource] – Linkor LLC – URL: <https://linkor.ucoz.org/documents/treesscale.htm> (accessed: 21.12.2021). [in Russian]
9. Paramonov A. A. Tablitsy obyemov stvolov po diametru i vysote ivy drevovidnoy v severo-tayezhnom rayone [Tables of barrel volumes by the diameter and height of the tree willow in the north-taiga region] / A. A. Paramonov, S. V. Tretyakov, S. V. Koptev // Sibirskiy lesnoy zhurnal [Siberian Forest Journal]. – 2020. – No 3. – Pp. 73-79. [in Russian]
10. Plokhinsky N. A. Biometriya [Biometrics]. / N. A. Plokhinsky – 2nd ed. – M.: Publishing House of Moscow State University, 1970. – 367 p. [in Russian]
11. Taksatsiya lesa. Normativno-spravochnaya informatsiya [Taxation of the forest. Regulatory information]. / V. L. Chernykh, P. M. Verkhunov, A. V. Popova et al. – Yoshkar-Ola: MarSTU, 2006. – pp. 53-66. [in Russian]
12. Rossiyskaya federatsiya. Federalnyy zakon ot 2 iyulya 2021 g. N 296-FZ "Ob ogranichenii vybrosov parnikovyykh gazov" – Sistema Garant. [Russian Federation. Federal Law of July 2, 2021 N 296-FZ "On the Limitation of Greenhouse Gas Emissions" – Garant System]. [Electronic resource] – URL: <http://ivo.garant.ru/#/document/401420454/paragraph/1:0> (accessed: 21.12.2021). [in Russian]
13. EarthExplorer [Electronic resource] – URL: <https://earthexplorer.usgs.gov> (accessed: 17.09.2021).
14. Nash J. E. River flow forecasting through conceptual models part I – A discussion of principles / J. E. Nash, J. V. Sutcliffe // Journal of Hydrology. 10 (3): 282–290. Bibcode: 1970. JHyd...10..282N. doi:10.1016/0022-1694(70)90255-6.
15. Bertalanffy L. von. Quantitative laws in metabolism and growth / L. von Bertalanffy // The Quarterly Review of Biology. 1957. V. 32. P. 217–231.
16. Enquist B.J. Extensions and evaluations of a general quantitative theory of forest structure and dynamics, Proceedings of the National Academy of Sciences / B.J. Enquist, G.B. West, J.H. Brown – 2009, Vol. 106, No. 17, pp. 7046–7051. [Electronic resource] http://climate.uvic.ca/model/common/HCTN_24.pdf, (accessed: 28.02.2022).

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.118.4.095>

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ РЕСВЕРАТРОЛА

Обзорная статья

Цейликман В.Э.¹, Лукин А.А.^{2,*}

¹ ORCID: 0000-0003-2935-7487;

² ORCID: 0000-0003-4753-3210;

^{1,2} Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия;

² Южно-Уральский государственный аграрный университет, Челябинск, Россия

* Корреспондирующий автор (lukin3415[at]gmail.com)

Аннотация

Ресвератрол в основном содержится в винограде и красном вине, а также в некоторых растениях и фруктах, таких как арахис, клюква, фисташки и черника. Более того, в настоящее время это соединение доступно в виде очищенного препарата и пищевых добавках. Ресвератрол обладает широким спектром действия на организм человека – антитромбоцитарным, антиоксидантным, противовоспалительным, сахароснижающим и противораковым. В последние годы эти свойства широко изучаются на животных и человеке как *in vitro*, так и *in vivo*. Эта статья предназначена для представления опубликованной за последние годы информации о биологической активности и множественных эффектах ресвератрола на организм человека.

Ключевые слова: ресвератрол, антиоксидант, свободные радикалы, биологическая активность, заболевания.

BIOLOGICAL ACTIVITY OF RESVERATROL

Review article

Tseylikman V.E.¹, Lukin A.A.^{2,*}

¹ ORCID: 0000-0003-2935-7487;

² ORCID: 0000-0003-4753-3210;

^{1,2} South Ural State University (National Research University), Chelyabinsk, Russia;

² South Ural State Agrarian University, Chelyabinsk, Russia

* Corresponding author (lukin3415[at]gmail.com)

Abstract

Resveratrol is mainly found in grapes and red wine, as well as in some plants and fruits such as peanuts, cranberries, pistachios, and blueberries. Moreover, this compound is currently available in the form of a purified preparation and dietary supplements. Resveratrol has a wide spectrum of effects on the human body, such as antiplatelet, antioxidant, anti-inflammatory, hypoglycemic and anti-cancer. In recent years, these properties have been widely studied in animals and humans both *in vitro* and *in vivo*. This article is intended to present information published in recent years on the biological activity and multiple effects of resveratrol on the human body.

Keywords: resveratrol, antioxidant, free radicals, biological activity, diseases.

Введение

Исследования природных полифенольных соединений, которые содержатся в растениях и известны как флавоноиды, в последнее время стали очень перспективными и популярными [1], [2], [3]. Ресвератрол был выбран для анализа из-за множества его биологических эффектов, включая антиоксидантные и противораковые свойства. Исследования показали, что для этого соединения характерна плеiotропная природа. Ресвератрол в основном используется в качестве пищевой добавки, однако механизм его действия еще полностью не выяснен.

Структура и источники ресвератрола

Ресвератрол относится к группе стилбенов в соответствии с классификацией полифенолов на основе углеродного числа. Он похож на диэтилстилбестрол, синтетический эстроген [4]. Ресвератрол проявляется в обоих транс- и цис-изомерных формах (рис. 1). Он содержится в большом количестве в красном вине, кожице и косточках виноградных ягод и особенно в высушенных корнях растений. Содержание ресвератрола в винограде колеблется от 0,16 до 3,54 мг/г; сухая кожица винограда содержит около 24 мг/г ресвератрола. Ресвератрол также присутствует в других ягодах и орехах. Например, сырой клюквенный сок содержит около 0,2 мг/л ресвератрола.

Научно подтверждено, что красное вино содержит гораздо большее количество полифенольных соединений, чем белое вино. Концентрация ресвератрола колеблется от 0,1 до 14,3 мг/л в различных типах красного вина, в то время как белые вина содержат всего около 0,1–2,1 мг/л ресвератрола [5].

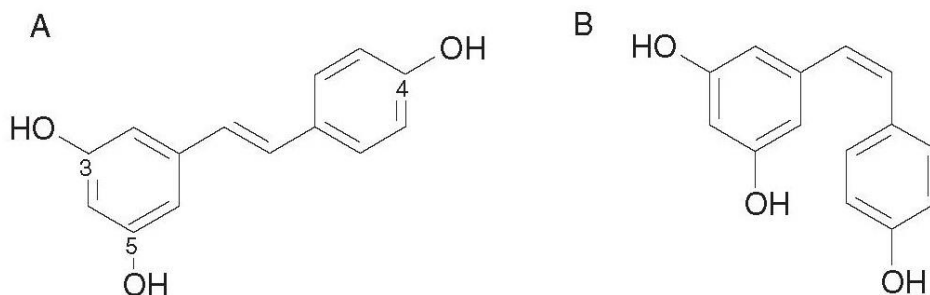


Рис. 1 – Химическая структура транс-(А) и цис-ресвератрола (В)

В растениях ресвератрол выполняет антиоксидантную функцию, защищая их от солнечных лучей. Пищевые продукты содержат цис- и транс- изоформы ресвератрола, преимущественно в гликозилированной форме. Такие соединения называются пицеидами (3-О-β-D-глюкозиды). Гликозилирование предотвращает ферментативное окисление, тем самым повышая стабильность и биодоступность ресвератрола [6], [7], [8].

Недавние клинические испытания доказали, что ресвератрол хорошо переносится и фармакологически безопасен в дозах до 5 г/день. [9]. Однако данных [10], [11] о токсичности ресвератрола в долгосрочных экспериментах немного. Томе-Карнейро и др. недавно обнаружили, что применение ресвератролом в низких дозах (8 мг/день) в течение одного года значительно снижает ряд факторов риска сердечно-сосудистых заболеваний [12]. Интересно, что в зависимости от сорта вина — это дозировка ресвератрола эквивалента 1–3 л вина в день.

Биодоступность и метаболизм ресвератрола

Низкая растворимость ресвератрола в воде (<0,05 мг/мл), обусловлена его химической структурой, влияющей на его абсорбцию. У животных и человека ресвератрол быстро метаболизируется в печени. В плазме он активно связывается с липопротеинами и альбумином, что облегчает его поступление в клетки. Последние исследования показали, что введение ресвератрола перорально или внутривенно, имеет высокую степень абсорбцию (не менее 70%), но быстро метаболизируется [13], что приводит к образованию сопряженных сульфатов и глюкуронидов [14]. Поэтому Валле и соавторы предположили, что сульфатирование ресвератрола может ограничивать биодоступность этого соединения [13].

Максимальная пиковая концентрация в плазме нативного (неметаболизированного) ресвератрола достигается через 30–90 мин после перорального приема. Появление второго пика через 6 ч после приема ресвератрола указывает на то, что происходит кишечная рециркуляция конъюгированных метаболитов путем реабсорбции [13]. Однако также было продемонстрировано высокое накопление ресвератрола в эпителиальных клетках кишечника [12].

В других исследованиях была обнаружена низкая биодоступность нативного ресвератрола, о чем свидетельствуют объем его распределения и экскреция с мочой.

Наиболее распространенные конъюгаты метаболитов: ресвератрол-3-О-сульфат, ресвератрол-3-О-глюкуронид и ресвератрол-4-О-глюкуронидов в плазме и моче, и их концентрации превышали концентрацию нативного ресвератрола примерно в 20 раз [15].

Кроме того, было обнаружено, что биодоступность ресвератрола из вина и виноградного сока намного выше (в шесть раз), чем ресвератрола полученного химическим путем [12].

Биологическая активность ресвератрола

Множественность биологических эффектов ресвератрола в основном обусловлена обилием и разнообразием молекулярных мишеней этого соединения, таких как циклооксигеназы/липооксигеназы, широкий спектр различных киназ, сиртуинов [3], факторы транскрипции, цитокины, ДНК-полимераза, аденилатциклаза, рибонуклеотидредуктаза, ароматаза и др. Предполагается, что ресвератрол обеспечивает сложное физиологическое действие из-за его способности модулировать различные пути в микромолярном диапазоне. Многие исследования показали, что ресвератрол обладает защитным действием на сердечно-сосудистую систему, антиагрегантными, антиоксидантными, противовоспалительными, сахароснижающими и противораковыми свойствами (рис. 2). Увеличивая выработку оксида азота, ресвератрол ингибирует агрегацию тромбоцитов и стимулирует расширение сосудов. Недавно опубликованные данные показали, что ресвератрол защищает от некоторых нейродегенеративных заболеваний, таких как болезнь Альцгеймера и ожирение [15], [16], [18], [19].

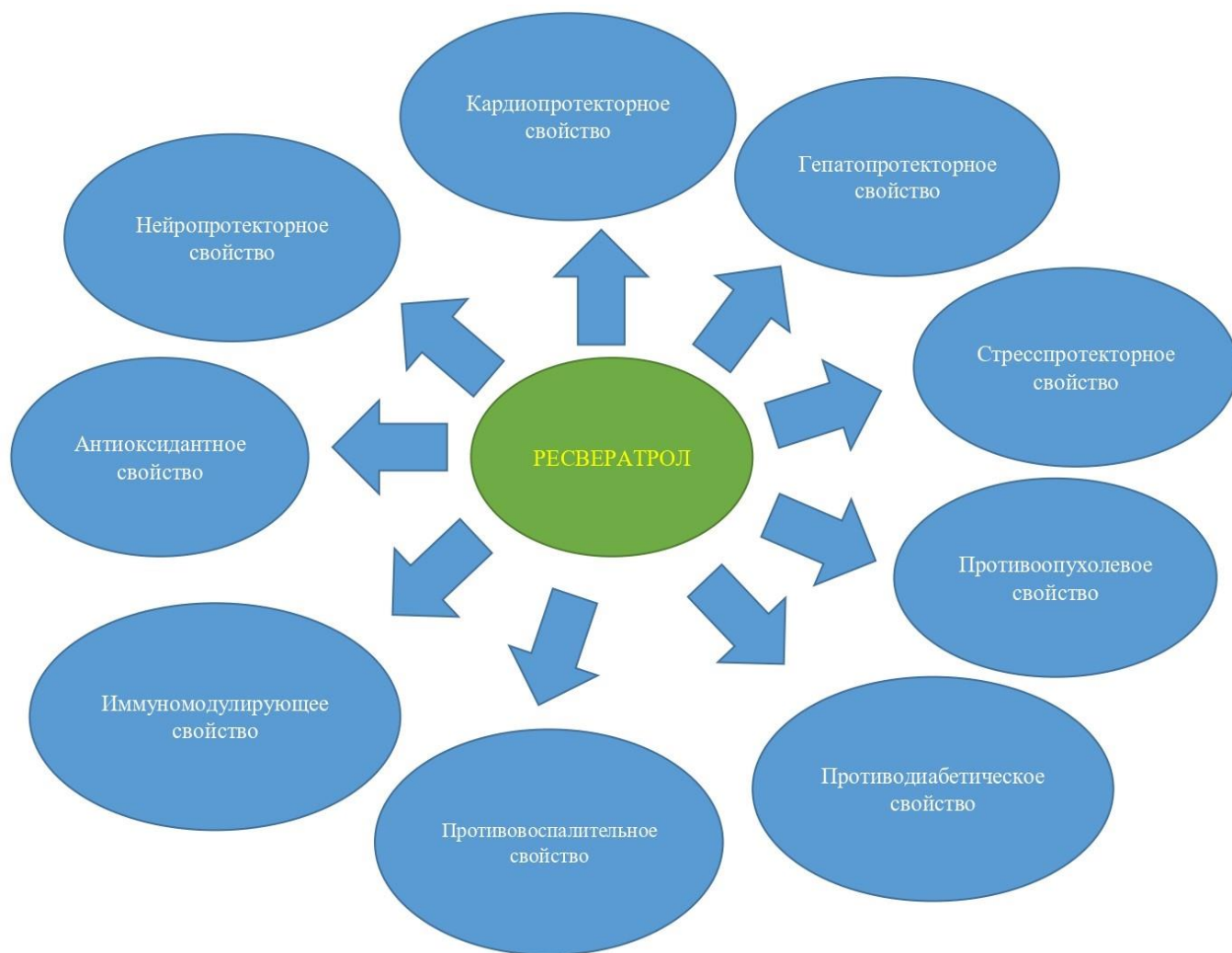


Рис. 2 – Биологическая активность ресвератрола

Прооксидантная и антиоксидантная активность ресвератрола

Стоит отметить, что действие ресвератрола зависит от его окислительно-восстановительного статуса, т.е. действует он как антиоксидант или прооксидант. Концентрация ресвератрола и тип клеток также важны [19], [33].

В некоторых исследованиях был продемонстрирован прооксидантный эффект ресвератрола. Дадли и др. исследовали влияние низких и высоких доз ресвератрола на апоптоз кардиомиоцитов *in vivo*. Они обнаружили, что кардиопротекторные свойства ресвератрола зависели от дозы, поскольку при более низкой концентрации (5 μM –10 μM) ресвератрол действует как антиоксидант, а в более высоких концентрациях действует как прооксидант [20], [22].

Данные многих исследований показывают, что ресвератрол применялся в высоких дозах от 10 до 40 μM для профилактики рака [3]. При низкой концентрации (5 μM) ресвератрол усиливал пролиферацию клеток, а в более высоких концентрациях (15 μM или более) он индуцировал апоптоз в различных раковых клетках. Кроме того, в исследованиях сообщается, что цитотоксический эффект ресвератрола, вероятно, включает мобилизацию эндогенных ионов меди, концентрация которых заметно повышена при различных злокачественных новообразованиях [32].

Прооксидантные эффекты ресвератрола также были продемонстрированы с использованием микросомальных систем печени крыс. Было обнаружено, что ресвератрол ингибирует перекисное окисление липидов, однако это увеличило образование гидроксильных радикалов, что указывает на то, что гидроксильные радикалы играют незначительную роль в перекисном окислении липидов [21]. Сделан вывод, что перекисное окисление липидов полифенолами обусловлено их водорододонорными свойствами. Следовательно, как упоминалось выше, ресвератрол обладает двухфазными свойствами в диапазоне концентраций от низких до высоких.

Характеристики ресвератрола как эффективного антиоксиданта были продемонстрированы в исследованиях *in vitro* [22], однако неясно, обладает ли он этим свойством *in vivo* [23]. Аккавива и др. показали, что антиоксидантные свойства ресвератрола (то есть способность поглощать радикалы) *in vitro* увеличивались с увеличением концентрации этого соединения [26]. Сообщалось, что ресвератрол ингибирует окисление липопротеинов низкой плотности, тем самым предотвращая атеросклероз [24], [25]. Недавние исследования на изолированных митохондриях печени показали, что добавление ресвератрола в инкубационную среду значительно повышает активность марганецсодержащей супероксиддисмутазы и снижает образование АФК [27]. Известно, что ресвератрол действует как поглотитель гидроксильных, супероксидных и других радикалов [31].

Таким образом, ресвератрол предотвращает повреждения ДНК и перекисное окисление липидов в клеточных мембранах. Ресвератрол как антиоксидант оказывает двойное действие: он может повышать активность антиоксидантных ферментов и может действовать как поглотитель свободных радикалов (рис. 3) [28].

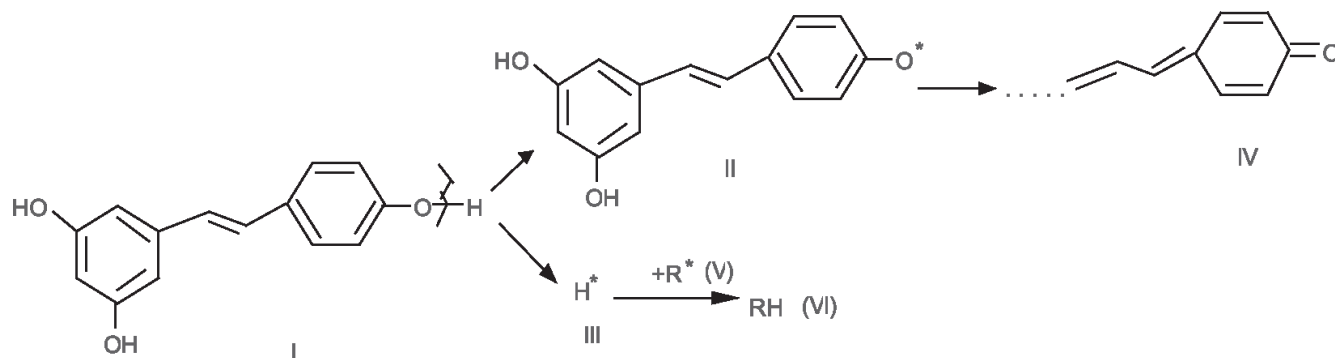


Рис. 3 – Схема гомолитического разрыва химической связи О–Н в фенольном остатке молекулы ресвератрола

Было показано, что ресвератрол может поддерживать концентрацию внутриклеточных антиоксидантов в биологических системах. Например, ресвератрол значительно снижал окисление тиоловых групп в белках тромбоцитов человека [29]. Также сообщалось, что ресвератрол увеличивает концентрацию некоторых антиоксидантных ферментов, таких как глутатионпероксидаза, глутатион S-трансфераза и глутатионредуктаза [30].

Заключение

Многочисленные фундаментальные научные эксперименты *in vitro* и на животных моделях свидетельствуют о низкой токсичности и многих положительных эффектах ресвератрола. Как упоминалось выше, необходимы дальнейшие исследования его биодоступности и эффективности у людей, особенно при длительном приеме ресвератрола. Для будущих клинических исследований важно, чтобы дозы до 5 г/сутки, принимаемые в течение месяца, хорошо переносились и были безопасны. Тем не менее дозозависимые легкие или умеренные побочные эффекты, обнаруженные в некоторых исследованиях, могут ограничивать дозировку в клинических испытаниях до <1 г/день.

Ресвератрол может влиять на многочисленные клеточные процессы в организме человека, например, снижение окислительного стресса и воспалительных реакций. Ресвератрол способен предотвращать экспрессию эндотелиальной синтазы оксида азота и фактора роста эндотелия сосудов. Ресвератрол связывается с различными молекулами-мишенями, которые могут быть внутриклеточными медиаторами действия - тубулин, протеинкиназа, фосфодиэстераза, аденозинмонофосфаткиназа, ядерный фактор-В, воспалительные цитокины, антиоксидантные ферменты. Кроме того, он может связывать и влиять на ДНК-метилтрансферазы и белки, ответственные за метилирование ДНК, которые могут быть вовлечены в эпигенетическую регуляцию окислительных, метаболических, воспалительных, ангиогенных и опухолевых процессов.

Из-за плохой биодоступности ресвератрола другим перспективным направлением может быть синтез структурных аналогов ресвератрола с улучшенными полезными эффектами. Такие аналоги могут быть полезны для профилактики и лечения различных заболеваний, включая сердечно-сосудистые заболевания, рак, ожирение, нейродегенеративные патологии и др.

Также важно выявить синергические эффекты ресвератрола в сочетании с другими веществами. Следовательно, необходимы дополнительные исследования, чтобы подтвердить множественные эффекты ресвератрола и других как природных, так и синтетических полифенолов, а также раскрыть механизмы их действия.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Sak K. Role of flavonoids in future anticancer therapy by eliminating the cancer stem cells / K. Sak, H. Everaus // *Current Stem Cell Research & Therapy*. - 2015. - № 10(3). - P. 271–282.
2. Xie Y. Antibacterial activities of flavonoids: structure–activity relationship and mechanism / Y. Xie, W. Yang, F. Tang, X. Chen, L. Ren // *Current Medicinal Chemistry*. - 2015. - № 22(1). - P. 132–149.
3. Кароматов, И. Д. Биологически активное вещество растительного происхождения ресвератрол - лечебные свойства (обзор литературы) / И. Д. Кароматов, Р. П. Баймурадов, М. С. Шодиева // *Биология и интегративная медицина*. - 2018. - № 3(20). - С. 178–198.
4. Pervaiz S. Resveratrol: from grapevines to mammalian biology / S. Pervaiz // *FASEB Journal*. - 2003. - № 17. - P. 1975–1985.
5. Mukherjee S. Dose-dependency of resveratrol in providing health benefits / S. Mukherjee, J. I. Dudley, D. K. Das // *Dose Response*. - 2010. - № 8(4). - P. 478–500.
6. Glycosylation of resveratrol protects it from enzymic oxidation / G. Regev-Shoshani, O. Shoseyov, I. Bilkis et al. // *Biochemical Journal*. - 2003. - № 374(1). - P. 157–163.
7. Krasnow M. N. Polyphenol glucosylating activity in cell suspensions of grape (*Vitis vinifera*) / M. N. Krasnow, T. M. Murphy // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. - 2004. - № 52(11). - P. 3467–3472.
8. Успенская, Ю. Б. Клинические эффекты ресвератрола (обзор литературы) / Ю. Б. Успенская // *Гинекология*. - 2014. - Т. 16. - № 5. - С. 96–100.
9. Clinical trials of resveratrol / K. R. Patel, E. Scott, V. A. Brown et al. // *Annals of the New York Academy of Sciences*. - 2011. - vol. 1215. - P. 161–9.

10. Diagnostic performance of urinary resveratrol metabolites as a biomarker of moderate wine consumption. / R. Zamora-Ros, M. Urpí-Sardà, R. M. Lamuela-Raventós, et al. // *Clinical Chemistry*. – 2006. – № 52(7). – P. 1373–80.
11. Resveratrol modulates drug- and carcinogen-metabolizing enzymes in a healthy volunteer study / H. H. Chow, L. L. Garland, C. H. Hsu, et al. // *Cancer Prevention Research*. – 2010. – № 3(9). – P. 1168–75.
12. One-year consumption of a grape nutraceutical containing resveratrol improves the inflammatory and fibrinolytic status of patients in primary prevention of cardiovascular disease / J. Tomé-Carneiro, M. González, M. Larrosa, et al. // *American Journal of Cardiology*. – 2012. – № 110(3). – P. 356–63.
13. High absorption but very low bioavailability of oral resveratrol in humans / T. Walle, F. Hsieh, M. H. DeLegge, et al. // *Drug Metabolism and Disposition*. – 2004. – № 32(12). – P. 1377–82.
14. Kaldas M. I. Resveratrol transport and metabolism by human intestinal Caco-2 cells / M. I. Kaldas, U. K. Walle, T. Walle // *Journal of Pharmacy and Pharmacology*. – 2003. – № 55(3). – P. 307–12.
15. Соколова, Л. К. Перспективы использования ресвератрола для лечения сахарного диабета и его осложнений / Л. К. Соколова, В. М. Пушкарев // *Международный эндокринологический журнал*. – 2018. – Т. 14. – № 8. – С. 761–768.
16. Phase I dose escalation pharmacokinetic study in healthy volunteers of resveratrol, a potential cancer chemopreventive agent / D. J. Boock, G. E. Faust, K. R. Patel, et al. // *Cancer Epidemiology Biomarkers and Prevention*. – 2007. – № 16(6). – P. 1246–52.
17. Pirola L. Resveratrol: one molecule, many targets / L. Pirola, S. Frojdo // *IUBMB Life*. – 2008. – № 60(5). – P. 323–32.
18. Cardioprotective effect of resveratrol, a natural antioxidant derived from grapes / L. M. Hung, J. K. Chen, S. S. Huang et al. // *Cardiovascular Research*. – 2000. – № 47(3). – P. 549–55.
19. Kirk R. I. Resveratrol decreases early signaling events in washed platelets but has little effect on platelet in whole blood / R. I. Kirk, J. A. Deitch, J. M. Wu, K. et al. // *Blood Cells Molecules and Diseases*. – 2000. – № 26(2). – P. 144–50.
20. Vitamin C, resveratrol and lipoic acid actions on isolated rat liver mitochondria: all antioxidants but different / M. P. Valdecantos, P. Pérez-Matute, P. Quintero, et al. // *Redox Report*. – 2010. – № 15(5). – P. 207–16.
21. Lastra C. A. Resveratrol as an antioxidant and pro-oxidant agent: mechanisms and clinical implications / C. A. Lastra, I. Villegas // *Biochemical Society Transactions*. – 2007. – № 35(5). – P. 1156–60.
22. Dudley J. Resveratrol, a unique phytoalexin present in red wine, delivers either survival signal or death signal to the ischemic myocardium depending on dose / J. Dudley, S. Das, S. Mukherjee, D. K. Das // *Journal of Nutritional Biochemistry*. – 2009. – № 20(6). – P. 443–52.
23. Ozgova S. Different antioxidant effects of polyphenols on lipid peroxidation and hydroxyl radicals in the NADPH-, Fe-ascorbate- and Fe-microsomal systems / S. Ozgova, J. Hermánek, I. Gut // *Biochemical Pharmacology*. – 2003. – № 66(7). – P. 1127–37.
24. Stojanovic S. Efficiency and mechanism of the antioxidant action of trans-resveratrol and its analogues in the radical liposome oxidation / S. Stojanovic, H. Sprinz, O. Brede // *Archives of Biochemistry and Biophysics*. – 2001. – № 391(1). – P. 79–89.
25. Bradamante S. Cardiovascular protective effects of resveratrol / S. Bradamante, L. Barengi, A. Villa // *Cardiovascular Drug Reviews*. – 2004. – № 22(3). – P. 169–88.
26. Antioxidant activity and protective effect on DNA cleavage of resveratrol / R. Acquaviva, A. Russo, A. Campisi, et al. // *Journal of Food Science*. – 2002. – № 67(1). – P. 137–41.
27. Wu D. Alcohol, oxidative stress, and free radical damage / D. Wu, A. Cederbaum // *Alcohol Research and Health*. – 2003. – № 27(4). – P. 277–84.
28. Losa G. A. Resveratrol modulates apoptosis and oxidation in human blood mononuclear cells / G. A. Losa // *European Journal of Clinical Investigation*. – 2003. – № 33(9). – P. 818–23.
29. The protective effects of resveratrol against changes in blood platelet thiols induced by platinum compounds / B. Olas, B. Wachowicz, E. Bald et al. // *Journal of Physiology and Pharmacology*. – 2004. – № 55(2). – P. 467–76.
30. Yen G. C. Effects of resveratrol and 4-hexylresorcinol on hydrogen peroxide-induced oxidative DNA damage in human lymphocytes / G. C. Yen, P. D. Duh, C. W. Lin // *Free Radical Research*. – 2003. – № 37(5). – P. 509–14.
31. Фитоалексин ресвератрол: методы определения, механизмы действия, перспективы клинического применения / А. М. Моисеева, Н. В. Железняк, А. Г. Генералова и др. // *Вестник фармации*. – 2012. – № 1(55). – С. 63–73.
32. Природные полифенолы: биологическая активность, фармакологический потенциал, пути метаболической инженерии (обзор) / В. В. Теплова, Е. П. Исакова, О. И. Кляйн и др. // *Прикладная биохимия и микробиология*. – 2018. – Т. 54. – № 3. – С. 215–235.
33. Полифенолы как стимуляторы биологической активности / М. М. Расулов, И. В. Жигачева, И. А. Кузнецов и др. // *Инноватика и экспертиза: научные труды*. – 2021. – № 1(31). – С. 19–32.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Sak K. Role of flavonoids in future anticancer therapy by eliminating the cancer stem cells / K. Sak, H. Everaus // *Current Stem Cell Research & Therapy*. – 2015. – № 10(3). – P. 271–282.
2. Antibacterial activities of flavonoids: structure–activity relationship and mechanism / Y. Xie, W. Yang, F. Tang et al. // *Current Medicinal Chemistry*. – 2015. – № 22(1). – P. 132–149.
3. Karomatov, I. D. Biologicheski aktivnoe veshchestvo rastitel'nogo proiskhozhdeniya resveratrol - lechebnye svoystva (obzor literatury) [Biologically active substance of plant origin resveratrol - medicinal properties (literature review)] / I. D. Karomatov, R. R. Bajmuradov, M. S. SHodieva // *Biologiya i integrativnaya medicina*. – 2018. – № 3(20). – P. 178–198. [in Russian]
4. Pervaiz S. Resveratrol: from grapevines to mammalian biology / S. Pervaiz // *FASEB Journal*. – 2003. – № 17. – P. 1975–1985.
5. Mukherjee S. Dose-dependency of resveratrol in providing health benefits / S. Mukherjee, J. I. Dudley, D. K. Das // *Dose Response*. – 2010. – № 8(4). – P. 478–500.

6. Glycosylation of resveratrol protects it from enzymic oxidation / G. Regev-Shoshani, O. Shoseyov, I. Bilkis, et al. // *Biochemical Journal*. – 2003. - № 374(1). – P. 157–163.
7. Krasnow M. N. Polyphenol glucosylating activity in cell suspensions of grape (*Vitis vinifera*) / M. N. Krasnow, T. M. Murphy // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. – 2004. - № 52(11). – P. 3467–3472.
8. Uspenskaya, YU. B. Klinicheskie efekty resveratrola (obzor literatury) [Clinical effects of resveratrol (literature review)] / YU. B. Uspenskaya // *Ginekologiya*. – 2014. – Vol. 16. – № 5. – P. 96–100. [in Russian]
9. Clinical trials of resveratrol / K. R. Patel, E. Scott, V. A. Brown et al. // *Annals of the New York Academy of Sciences*. – 2011. – vol. 1215. – P. 161–9.
10. Diagnostic performance of urinary resveratrol metabolites as a biomarker of moderate wine consumption. / R. Zamora-Ros, M. Urpí-Sardà, R. M. Lamuela-Raventós, et al. // *Clinical Chemistry*. – 2006. - № 52(7). – P. 1373–80.
11. Resveratrol modulates drug- and carcinogen-metabolizing enzymes in a healthy volunteer study / H. H. Chow, L. L. Garland, C. H. Hsu, et al. // *Cancer Prevention Research*. – 2010. - № 3(9). – P. 1168–75.
12. One-year consumption of a grape nutraceutical containing resveratrol improves the inflammatory and fibrinolytic status of patients in primary prevention of cardiovascular disease / J. Tomé-Carneiro, M. González, M. Larrosa, et al. // *American Journal of Cardiology*. – 2012. - № 110(3). – P. 356–63.
13. High absorption but very low bioavailability of oral resveratrol in humans / T. Walle, F. Hsieh, M. H. DeLegge, et al. // *Drug Metabolism and Disposition*. – 2004. - № 32(12). – P. 1377–82.
14. Kaldas M. I. Resveratrol transport and metabolism by human intestinal Caco-2 cells / M. I. Kaldas, U. K. Walle, T. Walle // *Journal of Pharmacy and Pharmacology*. – 2003. - № 55(3). – P. 307–12.
15. Sokolova, L. K. Perspektivy ispol'zovaniya resveratrola dlya lecheniya saharnogo diabeta i ego oslozhnenij [Prospects for the use of resveratrol for the treatment of diabetes mellitus and its complications] / L. K. Sokolova, V. M. Pushkarev // *Mezhdunarodnyj endokrinologicheskij zhurnal*. – 2018. – Vol. 14. – № 8. – P. 761–768. [in Russian]
16. Phase I dose escalation pharmacokinetic study in healthy volunteers of resveratrol, a potential cancer chemopreventive agent / D. J. Boocock, G. E. Faust, K. R. Patel, et al. // *Cancer Epidemiology Biomarkers and Prevention*. – 2007. - № 16(6). – P. 1246–52.
17. Pirola L. Resveratrol: one molecule, many targets / L. Pirola, S. Frojdo // *IUBMB Life*. – 2008. - № 60(5). – P. 323–32.
18. Cardioprotective effect of resveratrol, a natural antioxidant derived from grapes / L. M. Hung, J. K. Chen, S. S. Huang et al. // *Cardiovascular Research*. – 2000. - № 47(3). – P. 549–55.
19. Resveratrol decreases early signaling events in washed platelets but has little effect on platelet in whole blood / R. I. Kirk, J. A. Deitch, J. M. Wu et al. // *Blood Cells Molecules and Diseases*. – 2000. - № 26(2). – P. 144–50.
20. Vitamin C, resveratrol and lipoic acid actions on isolated rat liver mitochondria: all antioxidants but different / M. P. Valdecantos, P. Pérez-Matute, P. Quintero et al. // *Redox Report*. – 2010. - № 15(5). – P. 207–16.
21. Lastra C. A. Resveratrol as an antioxidant and pro-oxidant agent: mechanisms and clinical implications / C. A. Lastra, I. Villegas // *Biochemical Society Transactions*. – 2007. - № 35(5). – P. 1156–60.
22. Resveratrol, a unique phytoalexin present in red wine, delivers either survival signal or death signal to the ischemic myocardium depending on dose / J. Dudley, S. Das, S. Mukherjee et al. // *Journal of Nutritional Biochemistry*. – 2009. - № 20(6). – P. 443–52.
23. Ozgová S. Different antioxidant effects of polyphenols on lipid peroxidation and hydroxyl radicals in the NADPH-, Fe-ascorbate- and Fe-microsomal systems / S. Ozgová, J. Hermánek, I. Gut // *Biochemical Pharmacology*. – 2003. - № 66(7). – P. 1127–37.
24. Stojanovic S. Efficiency and mechanism of the antioxidant action of trans-resveratrol and its analogues in the radical liposome oxidation / S. Stojanovic, H. Sprinz, O. Brede // *Archives of Biochemistry and Biophysics*. – 2001. - № 391(1). – P. 79–89.
25. Bradamante S. Cardiovascular protective effects of resveratrol / S. Bradamante, L. Barenghi, A. Villa // *Cardiovascular Drug Reviews*. – 2004. - № 22(3). – P. 169–88.
26. Antioxidant activity and protective effect on DNA cleavage of resveratrol / R. Acquaviva, A. Russo, A. Campisi, et al. // *Journal of Food Science*. – 2002. - № 67(1). – P. 137–41.
27. Wu D. Alcohol, oxidative stress, and free radical damage / D. Wu, A. Cederbaum // *Alcohol Research and Health*. – 2003. - № 27(4). – P. 277–84.
28. Losa G. A. Resveratrol modulates apoptosis and oxidation in human blood mononuclear cells / G. A. Losa // *European Journal of Clinical Investigation*. – 2003. - № 33(9). – P. 818–23.
29. The protective effects of resveratrol against changes in blood platelet thiols induced by platinum compounds / B. Olas, B. Wachowicz, E. Bald et al. // *Journal of Physiology and Pharmacology*. – 2004. - № 55(2). – P. 467–76.
30. Yen G. C. Effects of resveratrol and 4-hexylresorcinol on hydrogen peroxide-induced oxidative DNA damage in human lymphocytes / G. C. Yen, P. D. Duh, C. W. Lin // *Free Radical Research*. – 2003. - № 37(5). – P. 509–14.
31. Fitoaleksin resveratrol: metody opredeleniya, mekhanizmy dejstviya, perspektivy klinicheskogo primeneniya [Phytoalexin resveratrol: methods of determination, mechanisms of action, prospects for clinical use] / A. M. Moiseeva, N. V. ZHeleznyak, A. G. Generalova et al. // *Vestnik farmacii*. – 2012. – № 1(55). – P. 63–73. [in Russian]
32. Prirodnye polifenoly: biologicheskaya aktivnost', farmakologicheskij potencial, puti metabolicheskoy inzhenerii (obzor) [Natural polyphenols: biological activity, pharmacological potential, pathways of metabolic engineering (review)] / V. V. Teplova, E. P. Isakova, O. I. Klyajin et al. // *Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya*. – 2018. – Vol. 54. – № 3. – P. 215–235. [in Russian]
33. Polifenoly kak stimulyatory biologicheskoy aktivnosti [Polyphenols as stimulators of biological activity] / M. M. Rasulov, I. V. ZHigacheva, I. A. Kuznecov et al. // *Innovatika i ekspertiza: nauchnye trudy*. – 2021. – № 1(31). – P. 19–32. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.118.4.096>

ОКСИГЕНАЦИЯ – МЕТОД БИОКОРРЕКЦИИ ГИПОКСИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ ПРИ САХАРНОМ ДИАБЕТЕ

Обзорная статья

Черетаев И.В.^{1,*}, Акимова М.И.²

¹ ORCID: 0000-0003-1852-4323;

² ORCID: 0000-0001-6626-6467;

¹ Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Россия;

² Санаторий «Сакрополь», Саки, Россия

* Корреспондирующий автор (5612178[at]ukr.net)

Аннотация

В обзоре на основе современных литературных данных обоснованы и обобщены физиологические основы проведения биокоррекции гипоксических состояний при сахарном диабете (СД) методом оксигенации.

В статье акцентируется внимание на том, что оксигенация является универсальным патогенетическим методом ликвидации всех форм гипоксии, наблюдающихся при декомпенсированном СД. На конкретных примерах рассмотрена целесообразность применения сеансов оксигенации в лечебной биокоррекции СД в практике санаторно-курортных оздоровительных процедур.

Отмечается, что для достижения максимального положительного эффекта рекомендовано использование метода оксигенации в комплексе с профилактическим питанием на основе микро- и макроэлементов, омега-3 жирных кислот и в сочетании с индивидуально подобранной физической нагрузкой.

Ключевые слова: оксигенация, биокоррекция, гипоксия, сахарный диабет, сердечно-сосудистые заболевания.

OXYGENATION, A METHOD OF BIOCORRECTION OF HYPOXIC CONDITIONS IN DIABETES MELLITUS

Review article

Cheretaev I.V.^{1,*}, Akimova M.I.²

¹ ORCID: 0000-0003-1852-4323;

² ORCID: 0000-0001-6626-6467;

¹ V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia;

² Sanatorium "Sakropol", Saki, Russia

* Corresponding author (5612178[at]ukr.net)

Abstract

In the review, on the basis of modern literature data, the physiological foundations of the diabetes mellitus (DM) biocorrection in hypoxic conditions in by the method of oxygenation are substantiated and generalized.

The article focuses on the fact that oxygenation is a universal pathogenetic method of eliminating all forms of hypoxia observed in decompensated DM. The expediency of using oxygenation sessions in the therapeutic biocorrection of DM in the practice of sanatorium-resort wellness procedures is considered on specific examples.

It is noted that in order to achieve the maximum positive effect, it is recommended to use the oxygenation method in combination with preventive nutrition based on micro- and macronutrients, omega-3 fatty acids and in combination with individually selected physical activity.

Key words: oxygenation, biocorrection, hypoxia, diabetes mellitus, cardiovascular diseases.

Введение

Сахарный диабет (СД) является одним из самых древних заболеваний, известных человеку, он известен уже не менее 3000 лет. СД признан одной из основных причин почти всех сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) [1]. К 2030 г. вероятную смертность от ССЗ оценивают около 24,2 млн. человек в год [2]. В 2011 г СД в мире болели 366 млн. человек, к 2030 году этот показатель должен вырасти до 552 млн. [3]. СД стал причиной 4,6 млн. смертей в 2011 г. По оценкам, к 2030 г. СД 2-го типа будет иметь 439 млн. человек [3].

Одним из ведущих факторов, вызывающих изменение метаболических процессов при СД, является гипоксия различного происхождения [4], поэтому в качестве метода биокоррекции СД в ряде санаторных учреждений предлагается использовать оксигенацию – физиотерапевтический метод, основанный на дыхании воздухом с повышенным содержанием кислорода. В научной литературе присутствуют обзорные работы, посвящённые оксигенации как методу биокоррекции нарушений головного мозга [4], [5], однако подобные обзоры относительно биокоррекции СД методом оксигенации отсутствуют, хотя к настоящему времени в данной области накоплено существенное количество экспериментальных работ, которые требуют анализа и обобщения имеющейся в них информации.

Цель данного обзора – обобщить современные литературные сведения и результаты экспериментальных работ о физиологических основах биокоррекции гипоксических состояний при СД методом оксигенации.

Основная часть

Обычный атмосферный воздух содержит 21% O₂, а используемый в окситерапии, обогащенный кислородом – 90,0-99,9%. Вдыхание обогащенного кислородом воздуха может производиться через маску из кислородного баллона или в закрытых камерах. Различают два типа оксигенации: нормобарическую (при атмосферном давлении, НБО) и гипербарическую (при давлении выше атмосферного, ГБО) [5], [6].

Из-за сильных противопоказаний и пожароопасности ГБО проводится подготовленным медперсоналом с допуском к работе с такими системами [5]. НБО предполагает лечебное применение газовых смесей с повышенным содержанием кислорода при нормальном атмосферном давлении (1,1-1,4 атм.). Данный метод почти не имеет противопоказаний и используется в рекреационных учреждениях и в SPA-салонах [6]. Более того, в исследовании уровня свободных радикалов было установлено, что ингаляции кислорода под давлением 1,3 атм. с 30% концентрацией O_2 безопасны и не связаны с развитием окислительного стресса [6].

НБО восстанавливает работу клеток мозга, предотвращает патологические изменения и воспалительные процессы в ЦНС, нормализует микроциркуляцию крови в сосудах мозга и других органах [8]. Ускоряется интеллектуальное развитие, возрастают физические возможности. У детей отмечается значительное улучшение интеллектуальных и речевых возможностей, памяти и скорости ассоциативного мышления, улучшается мелкая моторика рук [5], [8]. Сегодня НБО повсеместно вытесняет ГБО и используется в профилактических (общее оздоровление, косметология, подготовка к оперативным вмешательствам и наркозу), реабилитационных (от купирования абстинентного синдрома до восстановления физической активности профессиональных спортсменов), и в лечебных целях (профилактика инсультов и инфарктов) [5], [8], [9].

Сущность положительного эффекта баротерапии становится понятной при изучении изменения содержания CO_2 в выдыхаемом воздухе и капиллярной крови, являющейся интегральной характеристикой энергетического обмена в организме [10], [11]. Установлено достоверное снижение содержания CO_2 в выдыхаемом воздухе у людей с сосудистыми заболеваниями мозга. После применения баротерапии наблюдалась устойчивая нормализация данного показателя в выдыхаемом воздухе и снижение метеочувствительности у пациентов с сосудисто-мозговыми заболеваниями [5], [6].

Проведенные исследования показали, что НБО и ГБО являются патогенетической терапией при гипоксии и ишемии мозга и незаменимы как при ишемическом инсульте, так и при геморрагическом [8], [9].

В работах было показано [12], [13], [14] что терапия ГБО приводит к более ранней и стойкой компенсации углеводного обмена, снижает концентрация продуктов ПОЛ, сохраняет структурно-функциональную целостность клеточных мембран. Данные авторы также обосновали целесообразность включения метода ГБО в терапию декомпенсированного СД. Что касается НБО, то в отношении данных процессов теоретически она должна обладать похожими эффектами при большем профиле безопасности по сравнению с ГБО в отношении изменений прооксидантного статуса организма.

Как известно [4], [15], [16], ведущим фактором, вызывающим изменение метаболических процессов при диабете, является гипоксия различного происхождения (артериально-гипоксемическая гипоксия – обусловлена патологиями альвеолярно-капиллярной мембраны; гемическая гипоксия – возникает из-за активации свободно-радикального окисления, накопления гликированного гемоглобина и вызванных этими процессами нарушений кислородтранспортной функции эритроцитов; циркуляторная гипоксия – обусловлена диабетическими микроангиопатиями и патологическими нарушениями системы гемостаза), а также индуцируемые ей повреждающие воздействия свободных радикалов на мембраны клеток. Так, гиперхолестеринемия при диабете способствует нарушению процессов микроциркуляции, возрастанию активности тромбоцитов и спазму артерий, снижает насыщение тканей кислородом. Дефицит O_2 в клетках при гипоксии приводит к тяжёлым нарушениям обмена глюкозы и ишемическому повреждению органов и тканей. Механизм возникновения этих повреждений протекает в несколько этапов:

- 1) в клетках аэробный метаболизм глюкозы перестраивается на анаэробный, из-за активно протекающих процессов гликолиза накапливается молочная кислота (диабетический лактоацидоз) и в меньшей степени пирувата;
- 2) наблюдается дефицит глюкозы из-за увеличения её расхода в реакциях гликолиза для нормального обеспечения клеток энергией АТФ;
- 3) дефицит пирувата и глюкозы замедляет интенсивность обмена глюкозы, из-за этого в клетках быстро и значительно снижается концентрация АТФ;
- 4) из-за дефицита АТФ нарушается активный транспорт катионов Na^+ , K^+ и Ca^{2+} и клетки теряют способность поддерживать на должном уровне мембранный концентрационный градиент этих важнейших катионов;
- 5) накапливается внутриклеточный кальций, возникает явление эксайтотоксичности, в результате запускаются процессы ПОЛ, приводящие к разрушению и гибели β -клеток из-за роста проницаемости мембран, гипоксия является дополнительно облегчает и ускоряет образование активных форм кислорода, повреждающих мембраны;
- 6) из-за гибели β -клеток снижается функциональная активность их рецепторов и блокируется действие инсулина;
- 7) образуется замкнутый круг, в котором первичный дефект действия инсулина способствует в дальнейшем развитию гипоксии.

Недостаток кислорода снижает эффекты инсулина на уровне клетки, вызывает гликемию и усугубляет энергодефицит тканей. Гипоксия является основной причиной макро- и микрососудистых поражений и осложнений при СД, а анемия, являясь основной причиной гипоксии, существенно увеличивает смертность от ССЗ [17], [18]. Поэтому устранение или снижение дефицита O_2 является одним определяющих условий для биокоррекции патологических состояний, возникающих при СД.

Биокоррекция СД с использованием метода оксигенации должна обязательно включать индивидуально подобранную физическую активность; сбалансированное низкокалорийное питание, не содержащее много углеводов, транс-жиров, но обогащённое омега-3 жирными кислотами (ЖК); методы обогащения и насыщения тканей кислородом, например, ГБО или НБО, для снижения энергодефицита β -клеток и клеток других тканей, предотвращения их гибели [19]. Это связано с тем, что резистентность к инсулину при СД 2 типа коррелирует с ожирением и отсутствием физической активности, а управление питанием является ключевым компонентом долгосрочного здоровья и качества жизни людей с СД. В соответствии с источниками [1], [3], процесс управления питанием при СД должен быть согласован с уровнем микро- и макроэлементов человека, его физической активностью, образом жизни и медицинскими потребностями.

Данные немецких исследователей [19] свидетельствуют, что индивидуальная системная биокоррекция у больных СД 2-го типа, включавшая сочетанную терапию с применением 1-2-часовых двигательных тренировок с индивидуально подобранной интенсивностью движений (10 сеансов), лечебного комплекса Нановит с омега-3 жирными кислотами и 9 сеансов гипероксии в течение 40 минут с 26-% содержанием O_2 оказывает положительное влияние на микроциркуляторные показатели таких больных. Наши собственные исследования [20], основанные на комплексном подходе 20-дневного применения НБО и лечебного комплекса Нановит у пациентов санатория с индивидуально подобранной физической активностью в соответствии со значениями дыхательного коэффициента также подтвердили эффективность такого комплексного метода санаторно-курортного лечения против негативных проявлений СД, поскольку после его использования улучшались показатели гликемии и липидного профиля плазмы крови, снижался индекс атерогенности. Эти результаты свидетельствуют о снижении данным методом индивидуальной биокоррекции, основанной на оксигенации и лечебном питании минеральными компонентами и омега-3 жирными кислотами, риска возникновения сосудистых патологий, в частности, микро- и ангиопатий, атеросклеротических поражений сосудов.

Заключение

Оксигенация является универсальным патогенетическим методом ликвидации всех форм гипоксии, наблюдающихся при декомпенсированном СД: артериально-гипоксемической, гемической, циркуляторной (нарушения в системе микроциркуляции) и тканевой, проявляющейся нарушениями промежуточного обмена. Поэтому применение сеансов оксигенации целесообразно в лечебной биокоррекции СД в практике санаторно-курортных оздоровительных процедур.

Рядом исследователей для достижения максимального положительного эффекта рекомендовано использование метода оксигенации в комплексе с профилактическим питанием на основе микро- и макроэлементов, омега-3 жирных кислот и в сочетании с индивидуально подобранной физической нагрузкой.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Аметов А. С. Сахарный диабет и сердечно-сосудистые заболевания / А. С. Аметов, И. О. Курочкин, А. А. Зубков // Русский медицинский журнал. – 2014. – № 13. – С. 954–959.
2. Оганов Р. Г. Сердечно-сосудистые заболевания в начале XXI века: медицинские, социальные, демографические аспекты и пути профилактики / Р. Г. Оганов // Федеральный справочник. Здравоохранение России. – 2012. – Т. 13. – С. 257–264.
3. Olokoba A. B. Type 2 Diabetes Mellitus: A Review of Current Trends / A. B. Olokoba, O. A. Obateru, L. B. Olokoba // Oman Medical Journal. – 2012. – V. 27, №4. – P. 269–273.
4. Агаджанян Н. А. Функции организма в условиях гипоксии и гиперкапнии / Н. А. Агаджанян, А. И. Елфимов. – М.: Медицина, 1986. – 272 с.
5. Гусев Е. И. Баротерапия в комплексном лечении ишемии и гипоксии мозга: пособие для врачей / Е. И. Гусев, Н. В. Казанцева. – М.: Издательство НЦССХ им. А. Н. Бакулева РАМН, 2001. – 71 с.
6. Климко В. В. Применение нормоксической баротерапии в оздоровительных и лечебно-реабилитационных учреждениях: методические рекомендации / В. В. Климко, А. В. Шакула, В. Е. Юдин. – М.: РОВ ВММРКФ, 2015. – 38 с.
7. Le Roux P. Normoxia and Hyperoxia in Neuroprotection / Le Roux P. // Yearbook Int. Care Med. – 2014. – P. 449–461.
8. Казанцева Н. В. Нормоксическая компрессия в лечении инсульта / Казанцева Н. В. // Журнал неврологии и психиатрии. – 2014. – №2. – С. 42–51.
9. Влияние нормоксической лечебной компрессии на микроциркуляцию при остром инсульте / Н. В. Казанцева, Н. А. Волкова, Л. Д. Макарова и др. // Журнал неврологии и психиатрии (Приложение Инсульт). – 2005. – №13. – С. 25–29.
10. Айдаркин Е. К. Применение интегральных методов оценки здоровья человека в комплексных обследованиях / Е. К. Айдаркин, Л. Н. Иваницкая, М. И. Леднова // Валеология. – 2007. – №1. – С. 75–79.
11. Апанасенко Г. Л. Максимальная аэробная способность как критерий оптимальности онтогенеза / Г. Л. Апанасенко // Физиология человека. – 2010. – Т. 36, №1. – С. 67–73.
12. Лагутина А. А. Гипербарическая оксигенация в комплексной интенсивной терапии декомпенсированных форм сахарного диабета / А. А. Лагутина, Д. Г. Еременко, С. А. Беляевский // Гипербарическая физиология и медицина. – 2003. – №4. – С. 21–28.
13. Лагутина А. А. Интенсивная терапия сахарного диабета с использованием гипербарической оксигенации / А. А. Лагутина, Д. Г. Еременко, С. А. Беляевский // Вестник интенсивной терапии. – 2003. – №5. – С. 189–190.
14. Лагутина А. А. Состояние клеточных мембран при сахарном диабете и его изменение под воздействием гипербарического кислорода / А. А. Лагутина, Д. Г. Еременко, С. А. Беляевский // Анестезиология и реаниматология. – 2004. – №3. – С. 57–58.
15. Kayser B. Hypoxia, energy balance and obesity: from pathophysiological mechanisms to new treatment strategies / B. Kayser, S. Verges // Obes. Rev. – 2013 – V. 14, №7 – P. 579–592.
16. Занозина О. В. Свободно-радикальное окисление при сахарном диабете 2-го типа: источники образования, составляющие, патогенетические механизмы токсичности / О. В. Занозина, Н. Н. Боровков, Т. Г. Щербатюк // Современные технологии в медицине. – 2010. – №3. – С. 104–112.
17. Angelousiac A. Anaemia, a common but often unrecognized risk in diabetic patients: A review / A. Angelousiac, E. Larger // Diabetes & Metabolism. – 2015. – V. 41, №1 – P. 18–27.

18. Исмаилова К. И. Анемия у пациентов с сахарным диабетом 2-го типа / Исмаилова К. И. // Медицинские новости. – 2018. – №4. – С. 80–82.
19. Schulz J. Individuelle systemische Biokorrektur – adjuvantes behandlungsverfahren beim Diabetes mellitus Typ II / J. Schulz, S. Heymann, U. Fuchs, M. Sturm, R. Klopp // Archiv Euromedica. – 2013. – V. 3, №2. – P. 40–44.
20. Cheretaev I. Effect of combined normoxic barotherapy and individual systemic biocorrection on blood carbohydrate and lipid metabolism indicators in men and women with type 2 diabetes mellitus / I. Cheretaev, M. Akimova // European Journal of Clinical Investigation. – 2021. – V. 51, P. 1. – P. 55-56.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Ametov A. S. Saharnyj diabet i serdechno-sosudistye zabolevaniya [Diabetes mellitus and cardiovascular diseases] / A. S. Ametov, I. O. Kurochkin, A. A. Zubkov // Russkij medicinskij zhurnal [Russian Medical Journal]. – 2014. – № 13. – P. 954–959. [in Russian]
2. Oganov R. G. Serdechno-sosudistye zabolevaniya v nachale XXI veka: medicinskie, socialnye, demograficheskie aspekty i puti profilaktiki [Cardiovascular diseases at the beginning of the XXI century: medical, social, demographic aspects and ways of prevention] / R. G. Oganov // Federalnyj spravochnik. Zdravoohranenie Rossii [Federal Directory. Healthcare of Russia]. – 2012. – V. 13. – P. 257–264. [in Russian]
3. Olokoba A. B. Type 2 Diabetes Mellitus: A Review of Current Trends / A. B. Olokoba, O. A. Obateru, L. B. Olokoba // Oman Medical Journal. – 2012. – V. 27, № 4. – P. 269–273.
4. Aghajanyan N. A. Body functions in conditions of hypoxia and hypercapnia [Funkcii organizma v usloviyah gipoksii i giperkapnii] / N. A. Aghajanyan, A. I. Elfimov. – M. : Medicine, 1986. – 272 p. [in Russian]
5. Gusev E. I. Baroterapiya v kompleksnom lechenii ishemii i gipoksii mozga : Posobie dlya vrachej [Barotherapy in the complex treatment of ischemia and hypoxia of the brain: a guide for doctors] / E. I. Gusev, N. V. Kazanceva. – M. : publishing house NCSSKH im. A. N. Bakuleva RAMN, 2001. – 71 p. [in Russian]
6. Klimko V. V. Primenenie normoksicheskoy baroterapii v ozdorovitelnyh i lechebno-reabilitacionnyh uchrezhdeniyah»: metodicheskie rekomendacii [The use of normoxic barotherapy in health-improving and medical-rehabilitation institutions: methodological recommendations] / V. V. Klimko, A. V. Shakula, V. E. Yudin. – M. : ROV VMMRKF, 2015. – 38 p. [in Russian]
7. Le Roux P. Normoxia and Hyperoxia in Neuroprotection / Le Roux P. // Yearbook Int. Care Med. – 2014. – P. 449–461.
8. Kazanceva N. V. Normoksicheskaya kompressiya v lechenii insulta [Normoxic compression in the treatment of stroke] / Kazanceva N. V. // Zhurnal nevrologii i psikiatrii [Journal of Neurology and Psychiatry]. – 2014. – №2. – P. 42–51. [in Russian]
9. Kazanceva N. V. Vliyanie normoksicheskoy lechebnoj kompressii na mikrocirkulyaciyu pri ostrom insulte [Effect of normoxic therapeutic compression on microcirculation in acute stroke] / N. V. Kazanceva, N. A. Volkova, L. D. Makarova [i dr.]. // Zhurnal nevrologii i psikiatrii (Prilozhenie Insult) [Journal of Neurology and Psychiatry (Appendix Stroke)]. – 2005. – №13. – P. 25–29. [in Russian]
10. Ajdarkin E. K. Primenenie integralnyh metodov ocenki zdorov'ya cheloveka v kompleksnyh obsledovaniyah [Application of integral methods for assessing human health in complex surveys] / E. K. Ajdarkin, L. N. Ivanickaya, M. I. Lednova // Valeologiya [Valeology]. – 2007. – №1. – P. 75–79. [in Russian]
11. Apanasenko G. L. Maksimal'naya aerobnaya sposobnost' kak kriterij optimal'nosti ontogeneza [Maximum aerobic capacity as a criterion of optimal ontogenesis] / G. L. Apanasenko // Fiziologiya cheloveka [Human Physiology]. – 2010. – V. 36, №1. – P. 67–73. [in Russian]
12. Lagutina A. A. Giperbaricheskaya oksigenaciya v kompleksnoj intensivnoj terapii dekompenirovannyh form saharnogo diabeta [Hyperbaric oxygenation in the complex intensive care of decompensated forms of diabetes mellitus] / A. A. Lagutina, D. G. Eremenko, S. A. Belyaevskij // Giperbaricheskaya fiziologiya i medicina [Hyperbaric Physiology and Medicine]. – 2003. – №4. – P. 21–28. [in Russian]
13. Lagutina A. A. Intensivnaya terapiya saharnogo diabeta s ispolzovaniem giperbaricheskoy oksigenacii [Intensive therapy of diabetes mellitus with the use of hyperbaric oxygenation] / A. A. Lagutina, D. G. Eremenko, S. A. Belyaevskij // Vestnik intensivnoj terapii [Bulletin of intensive care]. – 2003. – №5. – P. 189–190. [in Russian]
14. Lagutina A. A. Sostoyanie kletochnyh membran pri saharnom diabete i ego izmenenie pod vozdejstviem giperbaricheskogo kisloroda [The state of cell membranes in diabetes mellitus and its changes under the influence of hyperbaric oxygen] / A. A. Lagutina, D. G. Eremenko, S. A. Belyaevskij // Anesteziologiya i reanimatologiya [Anesthesiology and intensive care]. – 2004. – №3. – P. 57–58. [in Russian]
15. Kayser B. Hypoxia, energy balance and obesity: from pathophysiological mechanisms to new treatment strategies / B. Kayser, S. Verges // Obes. Rev. – 2013 – V. 14, №7 – P. 579–592.
16. Zanozina O. V. Svobodno-radikalnoe okislenie pri saharnom diabete 2-go tipa: istochniki obrazovaniya, sostavlyayushchie, patogeneticheskie mekhanizmy toksichnosti [Free-radical Oxidation at a Diabetes Mellitus of the 2nd Type: Sources of Formation, Components, Pathogenetic Mechanisms of Toxicity] / O. V. Zanozina, N. N. Borovkov, T. G. Sherbatyuk // Sovremennye tekhnologii v medicine [Modern Technologies in Medicine]. – 2010. – №3. – P. 104–112. [in Russian]
17. Angelousiac A. Anaemia, a common but often unrecognized risk in diabetic patients: A review / A. Angelousiac, E. Larger // Diabetes & Metabolism. – 2015. – V. 41, №1 – P. 18–27.
18. Ismailova K. I. Anemiya u pacientov s saharnym diabatom 2-go tipa [Anemia in patients with type 2 diabetes mellitus] / K. I. Ismailova // Meditsinskie Novosti [Medical News]. – 2018. – №4. – P. 80–82. [in Russian]
19. Schulz J. Individuelle systemische Biokorrektur – adjuvantes behandlungsverfahren beim Diabetes mellitus Typ II / J. Schulz, S. Heymann, U. Fuchs, M. Sturm, R. Klopp // Archiv Euromedica. – 2013. – V. 3, №2. – P. 40–44.
20. Cheretaev I. Effect of combined normoxic barotherapy and individual systemic biocorrection on blood carbohydrate and lipid metabolism indicators in men and women with type 2 diabetes mellitus / I. Cheretaev, M. Akimova // European Journal of Clinical Investigation. – 2021. – V. 51, S. 1. – P. 55-56.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.118.4.097>**КОРРЕЛЯЦИЯ МЕЖДУ БИОХИМИЧЕСКИМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ КРОВИ И МОЛОЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ У КОРОВ С РАЗНОЙ МАССОВОЙ ДОЛЕЙ БЕЛКА В МОЛОКЕ**

Научная статья

Мкртчян Г.В.*

ORCID: 0000-0002-3686-0139,

Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии имени К.И. Скрябина,
Москва, Россия

* Корреспондирующий автор (milan1011[at]mail.ru)

Аннотация

Многочисленными исследованиями доказано, что состав молока у коров разных пород существенно различается. Причину этих различий селекционеры пытаются искать, не только в условиях существования животных, но в первую очередь и в индивидуальных особенностях высокопродуктивных коров. Рассматривать лактацию следует, как функцию целостного организма, как систему сложных взаимоотношений между отдельными органами. Причем эти взаимоотношения носят характер прямой и обратной связи, суть которой состоит в том, что молочная железа оказывает влияние на функцию отдельных систем организма, то и отдельные системы внутри организма коров оказывают влияние на молочную продуктивность. Количество белка так же, как и жира в молоке с возрастом коров не изменяется или изменяется в незначительных пределах. Уровень белка молока имеет тенденцию к повышению в процессе лактации, но неизменно снижается с 4-5 месяцем. Химический состав и питательные свойства молока непостоянны у одного и того же животного на протяжении всей лактации. Наиболее изменчивым является содержание массовой доли жира в молоке. Вопрос о содержании белка в молоке изучен, однако существуют противоречивые мнения, при этом отмечается, что с повышением величины удоя за лактацию содержание массовой доли белка уменьшается, в других случаях сообщается о повышении белка. Из наблюдений известно, что значительные колебания в содержании массовой доли белка связаны с особенностями высокопродуктивных коров. Не исключена возможность биологического сочетания высокого содержания массовой доли белка, массовой доли жира с высоким удоем. Поэтому, изучение связи биохимических показателей крови у высокопродуктивных коров с разным содержанием массовой доли белка в молоке актуально.

Ключевые слова: белок, жир, удой, генотип, кровь, биохимические показатели крови, тип коров.

CORRELATION BETWEEN BIOCHEMICAL INDICATORS OF BLOOD AND MILK PRODUCTIVITY IN COWS WITH DIFFERENT MASS FRACTION OF PROTEIN IN MILK

Research article

Mkrтчyan G.V. *

ORCID: 0000-0002-3686-0139,

Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology named after K.I. Scriabin, Moscow, Russia

* Corresponding author (milan1011[at]mail.ru)

Abstract

Numerous studies have shown that the composition of milk in cows of different breeds varies significantly. Breeders are trying to find the reason for these differences, not only in the conditions of existence of animals, but, first of all, in the individual characteristics of highly productive cows. Lactation should be considered as a function of the whole organism, as a system of complex relationships between individual organs. Moreover, these relationships are in the nature of direct and feedback, the essence of which is that the mammary gland affects the function of individual body systems, then individual systems inside the body of cows also affect milk productivity. The amount of protein, as well as fat in milk, does not change with the age of cows or changes within insignificant limits. The level of milk protein tends to increase during lactation, but invariably decreases from 4-5 months. The chemical composition and nutritional properties of milk are not constant in the same animal throughout lactation. The most variable is the content of the mass fraction of fat in milk. The issue of protein content in milk has been studied, however, there are conflicting opinions, while it is noted that with an increase in milk yield per lactation, the content of the mass fraction of protein decreases, in other cases an increase in protein is reported. It is known from observations that significant fluctuations in the content of the mass fraction of protein are associated with the characteristics of highly productive cows. The possibility of a biological combination of a high content of a mass fraction of protein, a mass fraction of fat with a high milk yield is not excluded. Therefore, the study of the relationship of biochemical parameters of blood in highly productive cows with different content of the mass fraction of protein in milk is relevant.

Keywords: protein, fat, milk yield, genotype, blood, blood biochemical parameters, type of cows.

Материал и методы исследований

Работа выполнена по материалам племенных документов ООО «Вохринка» Раменского района, Московской области. Для исследований использовали компьютерную базу данных программы «Селекс». В период исследований было проведено несколько научно-производственных опытов, на основании чего провели сравнительный анализ молочной продуктивности коров, принадлежащих разным наследственным типам. Типы коров определяли по методике, которая была предложена Веселовским В.Б. Прогрессивный тип – 1 группа, регрессивный тип – 2 группа, устойчивый тип – 3 группа, неустойчивый – 4 группа. В наших исследованиях приоритет был отдан белкомолочности. Каждая группа животных была разделена на подгруппы: первая подгруппа содержала массовую долю белка до 3,50%, вторая

от 3,51% и выше. При оценке молочной продуктивности основывались на рекомендациях разработанных Белоножкиным В.П. «Методы оценки молочной продуктивности. Состав и свойства молока. Влияние различных факторов на состав и свойства», а также стандарт породы. Хозяйственно – полезные признаки изучались у коров разных наследственных типов по следующим показателям: удой за лактацию, массовая доля жира и белка. Биохимические показатели крови были изучены у 10 коров в каждой подгруппе. Всего исследовано 80 голов. Биохимический анализ проведен в лаборатории «Шанс-Био». Биометрическую обработку данных исследований проводили на основе общепринятых методов с расчетом коэффициентов корреляции.

Результаты исследований

На основании проведенных исследований (рисунок 1), установлено, что у коров прогрессивного типа в подгруппе с массовой долей белка 3,51% выявлены коэффициенты корреляций между удоем за лактацию и содержанием гемоглобина $r = +0,52$, в этих же пределах установлена связь между удоем и лейкоцитами $r = +0,55$. Положительная связь выявлена между удоем эритроцитами и общим белком крови корреляция не высокая, но она является положительной. Положительная корреляция низких значений установлена между массовой долей жира в молоке и общим белком крови $r = +0,29$. Массовая доля белка связана с альбумином крови, значения не высокие, но они имеют положительное направление $r = +0,47$.

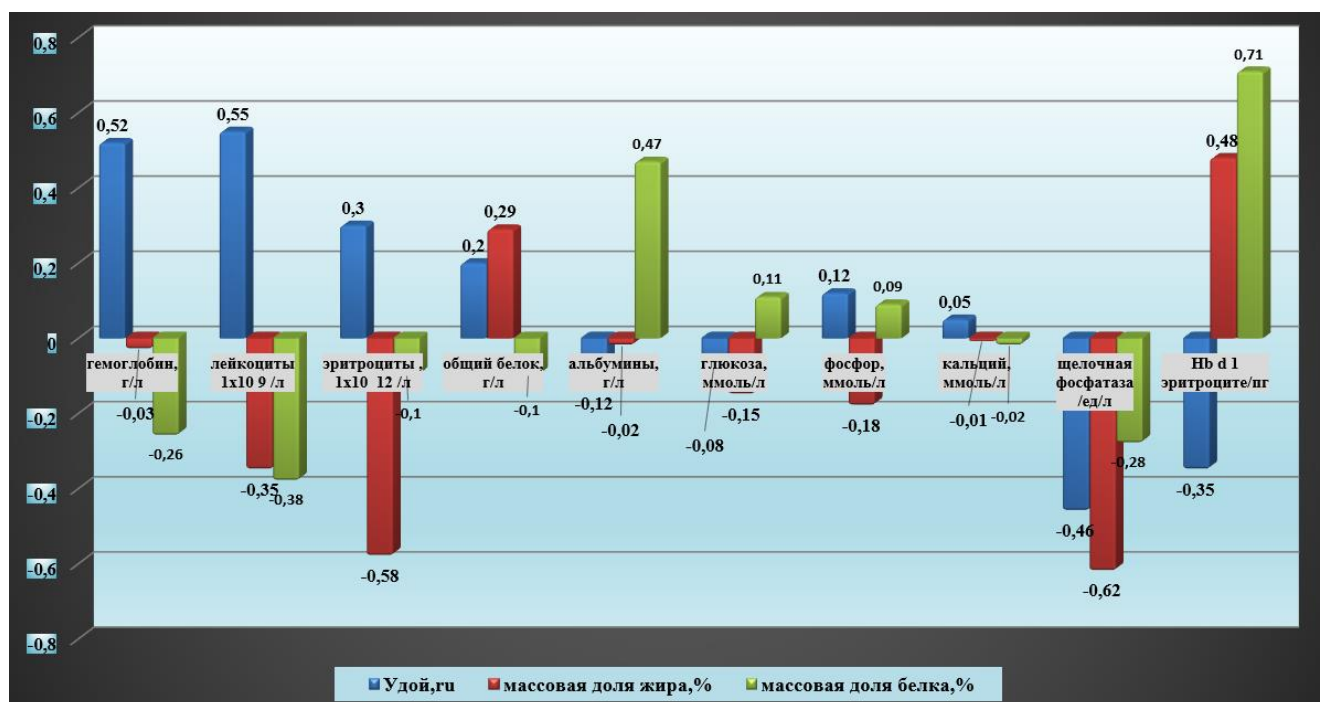


Рис. 1 – Корреляция между биохимическими показателями крови и хозяйственно-полезными признаками в группе коров с прогрессивным типом (белок свыше 3,51%)

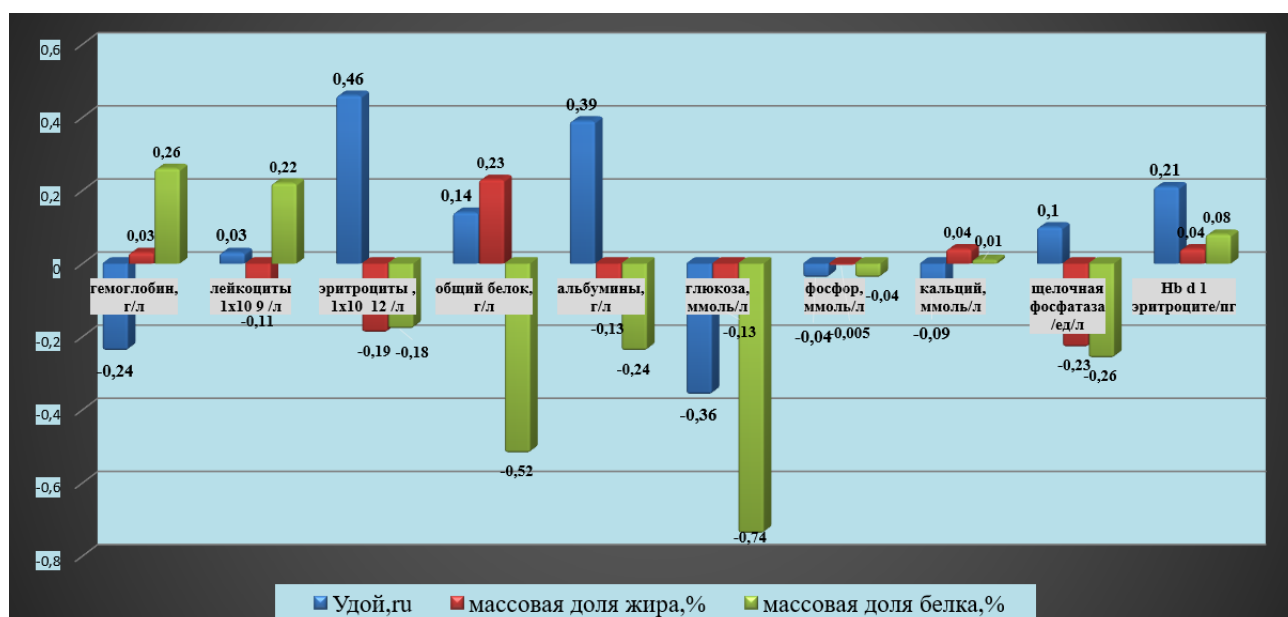


Рис. 2 – Корреляция между биохимическими показателями крови и хозяйственно-полезными признаками в группе коров с прогрессивным типом (белок до 3,50%)

При сравнении коэффициентов корреляции у коров второй подгруппы (рисунок 2) с массовой долей белка до 3,50%, мы подтверждаем в своих исследованиях наличие положительной связи между удоем эритроцитами, общим белком крови, альбуминами $r = +0,46$; $r = +0,14$; $r = +0,39$, соответственно. Во второй подгруппе мы отмечаем, что животные имеют положительную связь между удоем и альбумином $r = +0,39$, тогда как у коров первой подгруппы, эта связь отрицательная и имеет очень низкие значения $r = -0,12$. Если в первой подгруппе связь между массовой долей белка в молоке и гемоглобином отрицательная, то у коров с меньшим содержанием белка она положительная и значения ее зеркально противоположны ($r = +0,26$ и $r = -0,26$). Не высокая корреляция выявлена между содержанием массовой доли белка и лейкоцитами во второй подгруппе $r = +0,22$, в первой подгруппе она отрицательная $r = -0,38$. Установлено увеличение отрицательного коэффициента корреляции между содержанием массовой доли белка в молоке и общим белком крови, у коров подгрупп с разным содержанием массовой доли белка, у первой подгруппы связь $r = -0,10$, у второй $r = -0,52$.

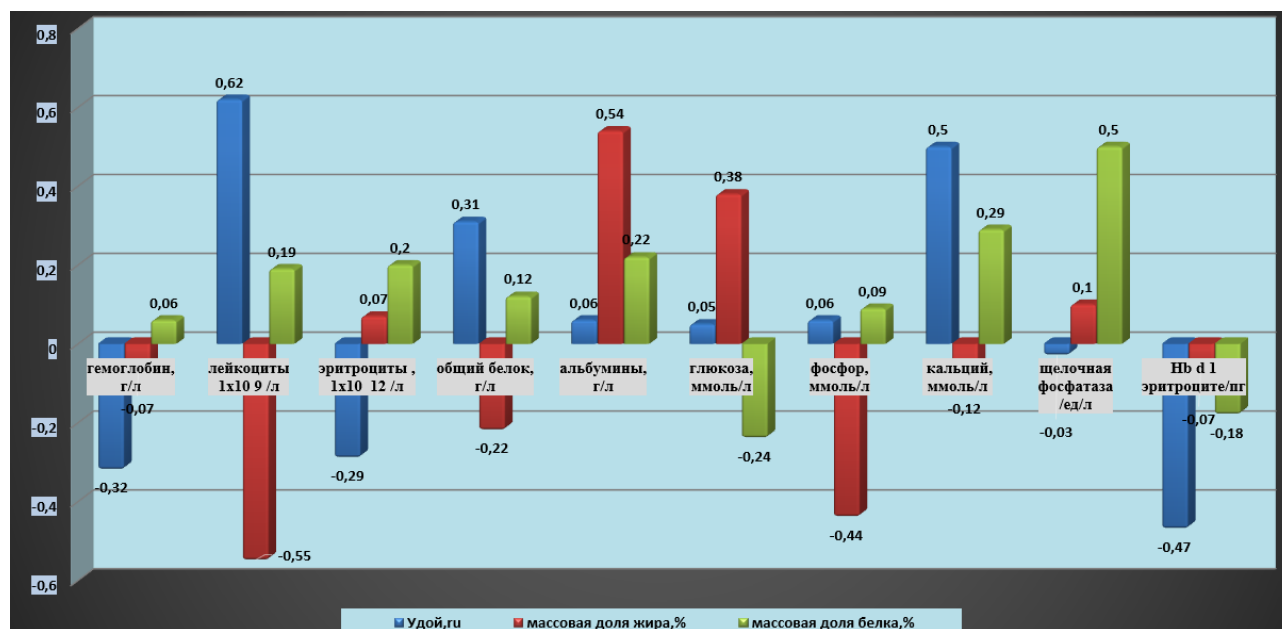


Рис. 3 – Корреляция между биохимическими показателями крови и хозяйственно-полезными признаками в группе коров с регрессивным типом (белок свыше 3,51%)

В группе коров с регрессивным наследственным типом (рисунок 3) в первой подгруппе (белок более 3,51%) выявлена высокая положительная связь только между удоем и лейкоцитами $r = +0,62$. Низкий коэффициент корреляции установлен между удоем и общим белком крови $r = +0,31$. Связь между удоем и гемоглобином и удоем с эритроцитами принимает отрицательные значения. Отрицательная связь выявлена в этой группе между массовой долей жира и лейкоцитами $r = -0,55$, тогда как между массовой долей белка связь положительная, но значения ее низкие $r = +0,19$. В этих пределах лежит связь и между массовой долей белка и эритроцитами крови $r = +0,20$. Положительная связь между массовой долей белка и общим белком крови, альбумином, кальцием и щелочной фосфатазой $r = +0,12$; $r = +0,22$; $r = +0,29$ и $r = +0,50$, соответственно.

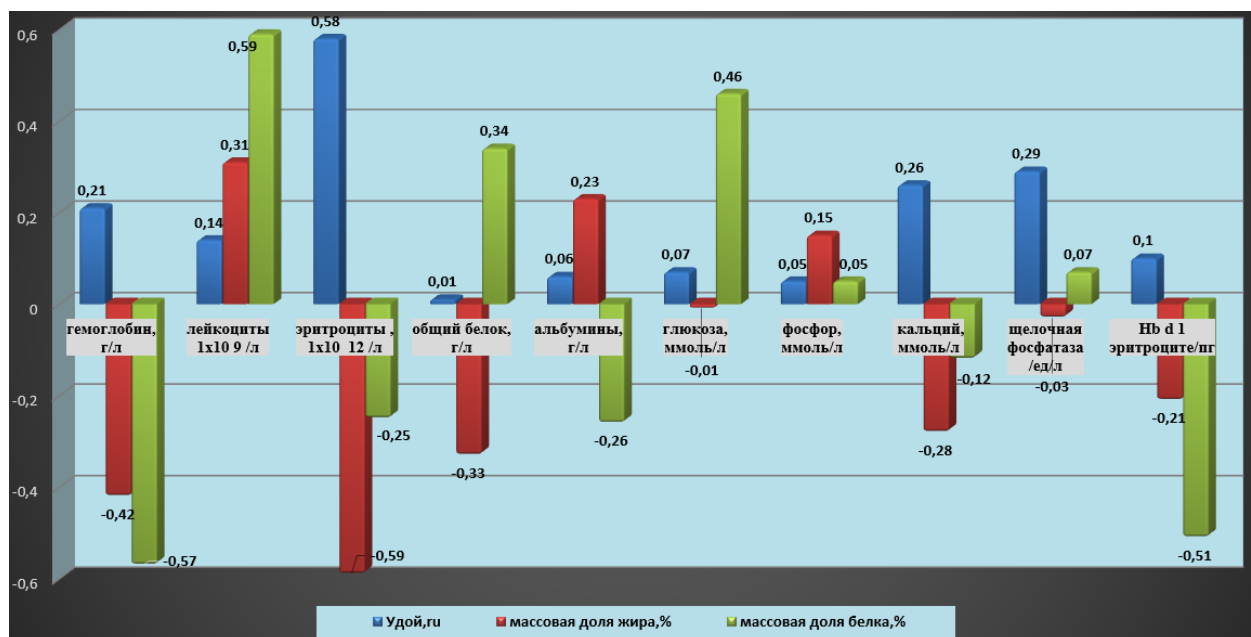


Рис. 4 – Корреляция между биохимическими показателями крови и хозяйственно-полезными признаками в группе коров с регрессивным типом (белок до 3,50%)

В подгруппе коров с массовой долей белка до 3,50% (рисунок 4) мы наблюдаем положительную корреляцию между удоём и эритроцитами $r=+0,58$. Однако с массовой долей жира и эритроцитами выявлена связь средней силы, и она отрицательная $r=-0,59$. Остаётся положительной связь массовой доли белка в молоке и общего белка крови $r=+0,34$.

Массовая доля белка в молоке положительно связано с лейкоцитами и надо сказать, что это связь положительных значений отмечена нами и в группе коров прогрессивным типом у коров с меньшим содержанием белка в молоке $r=+0,59$.

Таблица 1 – Корреляция между биохимическими показателями крови и хозяйственно-полезными признаками в группе коров с устойчивым типом (белок свыше 3,51%)

Хозяйственно- полезные признаки	n	Биохимические показатели крови									
		Гемоглобин, г/л	Лейкоциты 1x10 ⁹ /л	Эритроциты 1x10 ¹² /л	Общий белок, г/л	Альбумины, г/л	Глюкоза, ммоль/л	Фосфор, ммоль/л	Кальций, ммоль/ л	Щелочная фосфатаза, ед. л	Нб в 1 эритроците, пг
Корреляция											
Удой, кг	10	-0,18	-0,59	-0,51	0,57	-0,31	0,53	0,04	0,47	-0,62	-0,64
Массовая доля жира, %		0,40	-0,31	-0,15	-0,20	0,05	0,18	-0,13	0,26	0,23	-0,22
Массовая доля белка, %		0,25	0,04	-0,40	0,08	-0,40	0,52	0,16	0,45	0,16	-0,37

При сравнительном анализе коров с разным содержанием белка в молоке, принадлежащих к устойчивому наследственному типу (таблица 5), выявлена отрицательная связь удоя с гемоглобином $r = -0,18$, лейкоцитами $r=-0,59$, эритроцитами $r=-0,51$, альбумином крови $r = -0,31$, и щелочной фосфатазой $r= -0,62$ в группе с массовой долей белка более 3,51%. Положительные значения связи выявлены между удоём и общим белком крови $r=+0,57$ и содержанием глюкозы в крови $r=+0,53$. Положительная связь средних значений выявлена у коров между массовой долей жира и гемоглобином, глюкозой, кальцием, щелочной фосфатазой. Значимые положительные величины связи установлены между массовой долей белка и гемоглобином, массовой долей белка и глюкозой, а также массовой долей белка и кальция в крови.

Таблица 2 – Корреляция между биохимическими показателями крови и хозяйственно-полезными признаками в группе коров с устойчивым типом (белок до 3,50 %)

Хозяйственно- полезные признаки	n	Биохимические показатели крови									
		Гемоглобин, г/л	Лейкоциты 1x10 ⁹ /л	Эритроциты 1x10 ¹² /л	Общий белок, г/л	Альбумины, г/л	Глюкоза, ммоль/л	Фосфор, ммоль/л	Кальций, ммоль/л	Щелочная фосфатаза, ед. л	Нб в 1 эритроците, пг
Корреляция											
Удой, кг	10	-0,17	0,66	-0,16	0,18	0,41	-0,11	0,04	-0,06	-0,51	0,001
Массовая доля жира, %		0,30	0,03	0,45	-0,21	-0,09	-0,14	0,02	0,55	-0,23	0,02
Массовая доля белка, %		0,18	0,05	0,10	0,16	0,08	0,21	-0,14	0,07	-0,05	-0,10

У коров устойчивого типа в подгруппе с массовой долей жира до 3,50% (таблица 6) выявлена положительная связь между содержанием лейкоцитов в крови и удоём $r=+0,66$. Величина удоя за лактацию связана с общим белком крови, а

также с альбумином в крови. По массовой доле жира в молоке у коров в этой подгруппе выявлена связь с гемоглобином $r=+0,30$, а также низких, но положительных значений корреляция между жиром в молоке и эритроцитами $r=+0,45$. Между массовой долей жира и содержанием кальция в крови корреляция составила $r=+0,55$. Содержание массовой доли белка положительно коррелирует с гемоглобином крови, лейкоцитами, эритроцитами, общим белком глюкозой, но значения этих связей низкие.

Таблица 3 – Корреляция между биохимическими показателями крови и хозяйственно-полезными признаками в группе коров с неустойчивым типом (белок более 3,51%)

Хозяйственно- полезные признаки	n	Биохимические показатели крови									
		Гемоглобин, г/л	Лейкоциты 1x10 ⁹ /л	Эритроциты 1x10 ¹² /л	Общий белок, г/л	Альбумины, г/л	Глюкоза, ммоль/л	Фосфор, ммоль/л	Кальций, ммоль/ л	Щелочная фосфатаза, ед. л	Нб в 1 эритроците, пг
Корреляция											
Удой, кг	10	-0,29	0,10	-0,13	0,05	0,23	0,07	-0,06	0,24	0,27	-0,37
Массовая доля жира, %		0,49	-0,03	-0,07	-0,15	-0,38	-0,47	0,28	-0,02	0,32	0,38
Массовая доля белка, %		0,20	0,21	0,31	0,05	-0,13	-0,66	0,36	0,34	0,15	0,56

В группе коров с неустойчивым типом нами не выявлена высокая корреляция между удоем и основными биохимическими показателями крови, так в подгруппе коров с массовой долей белка 3,51% и выше (таблица 7), у коров коэффициент между удоем и эритроцитами составил $r=+0,28$, общий белок имеет связь с удоем также низких значений $r=+0,22$. Массовая доля жира и эритроциты связаны несколько иначе $r=+0,48$, корреляция выше. Массовая доля белка имеет практически все связи отрицательные с биохимическими показателями крови, исключение составляет содержание фосфора в крови $r=+0,50$.

Таблица 4 – Корреляция между биохимическими показателями крови и хозяйственно-полезными признаками в группе коров с неустойчивым типом (белок до 3,50 %)

Хозяйственно-полезные признаки	n	Биохимические показатели крови									
		Гемоглобин, г/л	Лейкоциты $1 \times 10^9 / \text{л}$	Эритроциты $1 \times 10^{12} / \text{л}$	Общий белок, г/л	Альбумины, г/л	Глюкоза, ммоль/л	Фосфор, ммоль/л	Кальций, ммоль/л	Щелочная фосфатаза, ед. л	Нб в 1 эритроците, пг
Удой, кг	10	-0,32	0,05	0,28	0,22	0,04	-0,22	0,24	-0,08	0,26	-0,07
Массовая доля жира, %		-0,35	-0,30	0,48	0,39	-0,00	-0,34	-0,06	0,16	0,45	-0,10
Массовая доля белка, %		-0,12	-0,29	-0,19	-0,17	-0,35	-0,04	0,50	-0,26	-0,09	-0,37

В подгруппе коров с массовой долей белка до 3,50% мы наблюдаем положительные корреляции между хозяйственными признаками и компонентами крови, кроме связи альбумина и массовой доли белка и высокую корреляцию между массовой долей белка и содержанием глюкозы $r = -0,66$.

Выводы

На основании проведённых исследований установлено, что процесс образования молока у коров разных наследственных типов происходит по общебиологическому типу. Содержание массовой доли белка у высокопродуктивных коров изменяется на протяжении всей лактации, однако у многих высокопродуктивных животных наблюдаются отступления от общей закономерности. Они связаны с перенапряжением у них отдельных органов и систем, что приводит к ухудшению биохимических показателей, и это отражается на связи их основными хозяйственно-полезными признаками. Подтверждением тому, у коров с прогрессивным типом с высоким содержанием массовой доли белка (3,51% и выше) связь удоя за лактацию с гемоглобином, лейкоцитами, эритроцитами и общим белком крови положительная. В этой же группе связь массовой доли белка с такими же показателями крови, отрицательная.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Азимова Г. В. Сравнительная оценка молочной продуктивности коров различных родственных групп в племенных хозяйствах Удмуртской Республики / Г. В. Азимова // Наука, инновации и образование в современном АПК. Матер. Всерос. науч.-практ. конф. – Ижевск: Ижевская ГСХА, 2014. – С. 51-54.
2. Альтман А. Д. Изменчивость и наследование содержания белка в молоке коров холмогорской породы / А. Д. Альтман // Труды ВИЖУ-1966. – т. 29. – С. 54-56
3. Головань В. Что влияет на уровень белка в молоке / В. Головань. Н. Подворок // Животноводство России. – 2005. – № 5. – С. 43-44.
4. Бакай А. В. Влияние биохимических показателей крови на белковомолочность у коров черно-пёстрой породы при линейном подборе// Ф. Р. Бакай, Г. В. Мкртчян// Актуальные проблемы ветеринарной медицины, зоотехнии и биотехнологии. – Москва. – 2019. – С. 205-207.
5. Бычкова, В. А. Технологические свойства молока коров чёрно-пёстрой породы различного генотипа / В. А. Бычкова, Е.М. Кадрова // Научное и кадровое обеспечение АПК для продовольственного импортозамещения: материалы Всерос. науч.-практ. конф. 16-19 февраля 2016 года, г. Ижевск/ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. – Ижевск, 2016. – С. 81-87.
6. Кавардакова, О. Ю. Проблема повышения содержания белка в молоке коров черно-пёстрой породы / О. Ю. Кавардакова//Современное развитие зоотехнической науки и практики животноводства: сб. материалов Региональной научно-практической конференции, посвящённой 110-летию со дня рождения профессора А.П. Никольского/Пермская ГСХА. – Пермь: 2012. – С.19-21.
7. Кадрова Е. М. Влияние происхождения на белковомолочность коров черно-пёстрой породы / Е. М. Кадрова, В. А. Бычкова // Научно обоснованные технологии интенсификации сельскохозяйственного производства. Матер. Междунар. науч.-практ. конф. Т. 3. – Ижевск, 2017. – С. 26 -32.
8. Хахикало В. Г. Молочная продуктивность и качество молока коров-первотелок черно-пестрой породы различных генотипов / Е. А. Минаев, В. Г. Хахикало // Научные результаты – агропромышленному производству. – Курган, 2004. – Т. № 2. – С. 74-76.
9. Лесун А. А. Влияние генетических факторов на белковомолочность коров красно – пестрой породы /А. А. Лесун. Автореф. к.с – х.н. – Красноярск: 2011. – 23 с.
10. Мишин Ю. М. Влияние генотипических факторов на качественные показатели молока у голштинизированных коров: дис.. канд. с.-х. наук: 06.02.01 / Ю. М. Мишин; МГАВМиБ имени К.И. Скрябина. – М., 2009. – 112 с.
11. Мкртчян Г.В. Изменчивость и наследуемость белковомолочности у коров черно-пёстрой породы разных генераций и генотипов: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук:06.02.07: защищена 19.12.2013;ФГБОУ ВПО МГАВМиБ.Москва, 2013. 20 с.
12. Наумов С. В. Белковомолочность коров черно-пёстрой породы Зауралья в связи с молочной продуктивностью и происхождением: диссертация на соискание учёной степени кандидата сельскохозяйственных наук: 06.02.04/Наумов Сергей Владимирович. -Курган, – 2007. – 162 с.
13. Уткина, О. С. Содержание белка в молоке коров в Удмуртской Республике/О.С. Уткина, В.А. Бычкова//Наука, инновации и образование в современном АПК: материалы Междунар. науч.-практ. конф. В 3 т. -11-14 февраля 2014 года. -Ижевск: ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2014. – Т. 3. – С. 27-30
14. Шубин Л. А. Молочная продуктивность коров чёрно-пёстрой породы в зависимости от влияния различных факторов: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.02.10/Шубин Леонид Александрович. – Курган, 2015. – 148 с.
15. Hartung H. Einfluss der Protein-Genotypen des Kappa- und Betacaseins der Milch von SMR-Kuehen auf die Milchezusammensetzung und das Gerinnungsverhalten. Kongressband 1993 Hamburg. VDLUFA-Kongresses vom 20-25. Sept. 1993 in Hamburg; / H. Hartung, E. Germandt // Qualitaet und Hygiene von Lebensmitteln in Produktion und Verarbeitung. – 33. 129-432.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Asimova G.V. Sravnitel'naja ocenka molochnojj produktivnosti korov razlichnykh rodstvennykh grupp v plemennykh khozajstvakh Udmurtskojj Respubliki [Comparative evaluation of dairy productivity of cows of various related groups in breeding farms of the Udmurt Republic] / G. V. Asimova // Science, innovation and education in modern agriculture. Proceedings of the all-russian scientific and practical conference: Izhevsk State Agricultural Academy, 2014. Pp. 51-54 [in Russian]
2. Altman A.D. Izmenchivost' i nasledovanie soderzhaniya belka v moloke korov kholmogorskojj porody [Variability and inheritance of protein content in the milk of cows of the Kholmogorsky breed] / A.D. Altman // Proceedings of VIZHU-1966. – vol. 29.-pp. 54-56 [in Russian]

3. Golovan V. Chto vlijaet na uroven' belka v moloke [What affects the protein level in milk] / B. Golovan. N. Podvorok // Zhivotnovodstvo Rossii [Animal Husbandry of Russia]. – 2005.-No. 5.-pp. 43-44 [in Russian]
4. Bakay A.V. Vlijanie biokhimicheskikh pokazatelej krovei na belkovomolochnost' u korov cherno-pjostroj porod pri linejnom podbore [The influence of biochemical blood parameters on protein-milk content in black-and-white cows with linear selection] / F.R. Bakai, G.V. Mkrtchyan // Aktual'nye problemy veterinarnoj mediciny, zootekhnii i biotekhnologii [Current problems of veterinary medicine, animal science and biotechnology] / Moscow. -2019.-pp. 205-207 [in Russian]
5. Bychkova, V.A. Tekhnologicheskie svojjstva moloka korov chjorno-pjostroj porod razlichnogo genotipa [Technological properties of milk of black-and-white cows of various genotypes] / V. A. Bychkova, E.M. Kadrova // Nauchnoe i kadrovoe obespechenie APK dlja prodovol'stvennogo importozameshhenija: materialy Vseros. nauch.-prakt. konf. 16-19 fevralja 2016 goda [Scientific and personnel support of the agro-industrial complex for food import substitution: materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference on February 16-19, 2016], Izhevsk/Izhevsk State Agricultural Academy. - Izhevsk, 2016. – pp. 81-87 [in Russian]
6. Kavardakova, O.Yu. Problema povyshenija soderzhanija belka v moloke korov cherno-pjostroj porod [The problem of increasing the protein content in the milk of black-and-white cows] / O.Yu.Kavardakova//Sovremennoe razvitie zootekhnicheskoy nauki i praktiki zhivotnovodstva: sb. materialov Regional'noj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvjashhjonnoj 110-letiju so dnja rozhdenija professora A.P. Nikol'skogo [Modern development of zootechnical science and animal husbandry practice: collection of materials of the Regional scientific and Practical Conference dedicated to the 110th anniversary of the birth of Professor A.P. Nikolsky] / Perm State Agricultural Academy. Perm, 2012. Pp.19-21 [in Russian]
7. Kadrova E.M. Bychkova V.A. Vlijanie proiskhozhdenija na belkovomolochnost' korov cherno-pjostroj porod [The influence of origin on the protein-milk content of black-and-white cows] / E. M. Kadrova, V. A. Bychkova // Nauchno obosnovannye tekhnologii intensivizatsii sel'skokhozjajstvennogo proizvodstva. Mater. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. [Scientifically based technologies of intensification of agricultural production. Proceedings of the International Scientific and Practical conf. Vol. 3. -Izhevsk, 2017. Pp. 26-32 [in Russian]
8. Kahikalo V.G. Molochnaja produktivnost' i kachestvo moloka korov-pervotelok cherno-pestroj porod razlichnykh genotipov [Dairy productivity and milk quality of first-calf cows of black-and-white breeds of various genotypes] / E.A. Minaev, V.G. Kahikalo // Nauchnye rezul'taty – agropromyshlennomu proizvodstvu [Scientific results – agro-industrial production]. – Kurgan, 2004. – Vol. No. 2. – pp. 74-76 [in Russian]
9. Lesun A.A. Vlijanie geneticheskikh faktorov na belkovomolochnost' korov krasno – pestroj porod [The influence of genetic factors on the protein-milk content of red – mottled cows] / A.A. Lesun / extended abstract of Candidate's thesis. Agricultural Sciences, Krasnoyarsk 2011. – 23 p. [in Russian]
10. Mishin Yu.M. Vlijanie genotipicheskikh faktorov na kachestvennye pokazateli moloka u golshtinizirovannykh korov [The influence of genotypic factors on the quality indicators of milk in Holstein cows]: Candidate's thesis. Agricultural Sciences: 06.02.01 / Yu.M. Mishin; MGAVMiB named after K.I. Skriabina. – M., 2009. – 112 p. [in Russian]
11. Mkrtchyan G.V. Izmenchivost' i nasleduemost' belkovomolochnosti u korov cherno-pjostroj porod raznykh generacij i genotipov: avtoref [Variability and heritability of protein-milk content in black-and-white cows of different generations and genotypes: abstract.dis. ... candidate of Agricultural Sciences] / G. V. Mkrychyan: extended abstract of Candidate's thesis. 06.02.07: defended on 19.12.2013; FGBOU VPO MGAVMiB.Moscow, 2013. 20 p. [in Russian]
12. Naumov S.V. Belkovomolochnost' korov cherno-pjostroj porod Zaural'ja v svyazi s molochnoj produktivnost'ju i proiskhozhdeniem [Protein-milk content of cows of the black-and-white breed of the Trans-Urals in connection with dairy productivity and origin]: Candidate's thesis. Agricultural Sciences: 06.02.04 / Naumov Sergey Vladimirovich. -Kurgan, 2007. - 162 p. [in Russian]
13. Utkina, O.S. Soderzhanie belka v moloke korov v Udmurtskoj Respublike [Protein content in cow milk in the Udmurt Republic] /O.S. Utkina V.A. Bychkova // Nauka, innovacii i obrazovanie v sovremennom APK: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. V 3 t. [Science, innovation and education in the modern agro-industrial complex: proceedings of the International Scientific and Practical Conference. In 3 vols]. – February 11-14, 2014. -Izhevsk: Izhevsk State Agricultural Academy, 2014. - Vol. 3. -pp. 27-30 [in Russian]
14. Shubin L.A. Molochnaja produktivnost' korov chjorno-pjostroj porod v zavisimosti ot vlijanija razlichnykh faktorov [Milk productivity of black-and-white cows depending on the influence of various factors]: Candidate's thesis. Agricultural Sciences: 06.02.10/Leonid Aleksandrovich Shubin. -Kurgan, 2015. -148 p. [in Russian]
15. Hartung H. Einfluss der Protein-Genotypen des Kappa- und Betacaseins der Milch von SMR-Kuehen auf die Milchezusammensetzung und das Gerinnungsverhalten. Kongressband 1993 Hamburg. VDLUFA-Kongresses vom 20-25. Sept. 1993 in Hamburg [Influence of the protein genotypes of kappa and beta casein of milk from SMR cows on the milk composition and coagulation behavior. Kongressband 1993 Hamburg. VDLUFA Congress from 20-25 Sept. 1993 in Hamburg]: / H. Hartung, E. Germandt // Qualitaet und Hygiene von Lebensmitteln in Produktion und Verarbeitung [Quality and hygiene of foodstuffs in production and processing]. – P. 129-432. [in German]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.118.4.098>**ВЕТЕРИНАРНО-САНИТАРНАЯ ЭКСПЕРТИЗА РЫБЫ ЧИР УСТЬ-ЯНСКОГО И АНАБАРСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)**

Научная статья

Томашевская Е.П.^{1,*}, Сидоров М.Н.²¹ ORCID:0000-0001-9611-8932;² ORCID:0000-0002-0606-1010;^{1,2} Арктический государственный агротехнологический университет, Якутск, Россия

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

Аннотация

Лабораторные исследования проведены в 2021 году в ГБУ РС(Я) «Якутской республиканской ветеринарно-испытательной лаборатории». Исследованию подлежали свежемороженые рыбы чир, осеннего улова 2021 года. Всего было исследовано 24 пробы, чир речной был выловлен с р. Тенкели, п. Тенкели Усть-Янского района, в 201 км к северо-востоку от улусного центра п. Депутатский и р. Анабар, п. Юрюнг-Хая, Анабарского района, расположенным в крайнем северо-западе Республики Саха (Якутия) между 71-й и 56-й градусами северной широты. На основании ветеринарно-санитарной экспертизы органолептического исследования всех проб рыбы чир соответствуют показателям сомнительной свежести. При физико-химическом исследовании показатели мяса чира всех проб соответствуют показателям свежих рыб. По микробиологическим исследованиям КМАФанМ в пределах допустимых норм $1 \cdot 10^5$, бактерии группы кишечной палочки БГКП, *S. Aureus*, *Salmonella*, *Listeria monocytogenes* - не выделены, микроорганизмы не обнаружены. При гельминтологическом исследовании яйца гельминтов и гельминты не обнаружены.

Ключевые слова: чир, ветеринарно-санитарная экспертиза, рыба, Якутия.**A VETERINARY AND SANITARY EXAMINATION OF THE BROAD WHITEFISH IN THE UST-YANSKY AND ANABAR DISTRICT OF THE REPUBLIC OF SAKHA (YAKUTIA)**

Research article

Tomashevskaya E.P.^{1,*}, Sidorov M.N.²¹ ORCID:0000-0001-9611-8932;² ORCID:0000-0002-0606-1010,^{1,2} Arctic State Agrotechnological University, Yakutsk, Russia

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

Abstract

Laboratory tests were carried out in 2021 in the Yakut Republican Veterinary Testing Laboratory (GBU RS(Ja) «Jakutskojj respublikanskoyj veterinarno-ispytatel'nojj laboratoriya»). The study examines freshly frozen broad whitefish caught in the autumn of 2021. The authors studied a total of 24 samples were examined, the river broad whitefish was caught in the Tenkeli river, the village of Tenkeli in Ust-Yansky district, 201 km northeast of the ulus center, the village Deputatsky and Anabar river, Yuryung-Khaya village, Anabar district, located in the extreme north-west of the Republic of Sakha (Yakutia) between the 71st and 56th degrees of north latitude. Based on the veterinary and sanitary examination of the organoleptic examination of all fish samples, the broad whitefish correspond to indicators of questionable freshness. During the physico-chemical study, the indicators of the meat of all samples correspond to the indicators of fresh fish. According to microbiological studies of the quantity of mesophilic aerobic and facultative anaerobic microorganisms (QMAFAnM) within the permissible limits of $1 \cdot 10^5$, bacteria of the *Escherichia coli* group BGCP, *S. Aigeis*, *Salmonella*, *Listeria monocytogenes* weren't identified, microorganisms were not detected. Helminthological examination did not observe helminth eggs and helminths.

Keywords: broad whitefish, veterinary and sanitary examination, fish, Yakutia.**Введение**

Обеспечение населения страны продовольствием является основной народнохозяйственной проблемой. Рыба и рыбопродукты, обладая исключительно высокими пищевыми качествами, являются важным источником пищи, широко используются в повседневном рационе, диетическом и детском питании, составляют около 20 % в общем балансе потребляемых в России животных белков [1], [2].

Чир является одной из самых ценных в пищевом плане промысловых рыб, имея высокую жирность, но легкую усвояемость и питательность для организма человека.

В Усть-Янском районе, активно добывают золото, занимаются лесозаготовкой, и действуют предприятия по ремонту горной и дорожной техники, продукты переработки могут быть токсичны, а рыба способна сорбировать и аккумулировать эти химические вещества.

Методы и принципы исследования: материалом исследования является комплексная ветеринарно-санитарная оценка качества продукции промысловой рыбы чир Усть-Янского района п. Тенкели и Анабарского района р. Анабар, п. Юрюнг-Хая, Анабарского района, расположенным в крайнем северо-западе Республики Саха (Якутия) между 71-й и 56-й градусам и северной широты с решением следующих задач: определили органолептические, физико-химические, микробиологические показатели, определили токсические элементы, паразитарную чистоту [6].

Работа выполнена в ГБУ РС(Я) «Якутской РВИЛ» и на кафедре ветеринарно-санитарной экспертизы и гигиены факультета ветеринарной медицины ФГБОУ ВО «Арктического государственного агротехнологического университета» в 2021 году [4], [5].

Исследования проводились на рыбе чир, выловленной в осенний период из р. Тенкели, п. Тенкели Усть-Янского района Республики Саха (Якутия). Материалами для изучения служили пробы чира в количестве 24 пробы.

При отборе проб и рыбопродуктов руководствовались ГОСТ 7630-96 «Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные, водоросли и продукты их переработки. Маркировка и упаковки».

Физико-химический контроль осуществляли в соответствии с нормативными документами. Показатели свежести изучали по реакциям на пероксидазу, сероводород, с CuSO_4 , pH – потенциометрически, аммиак, по общепринятым методикам, а также методом бактериоскопии. Проводили бактериоскопию мазков-отпечатков из поверхностных и глубоких слоев мышечной ткани рыб.

Микробиологический контроль рыбной продукции осуществляли согласно требованиям ГОСТ ISO 7218-2011 «Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Общие требования и рекомендации по микробиологическим исследованиям» Исследование микрофлоры поверхности сырья и мышечной ткани проводили методом окрашивания по Граму и подсчитыванием микроорганизмов под микроскопом в десяти полях зрения. Определение КМАФАнМ проводили по ГОСТ 10444.15-94 «Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов» [7], [8], [10].

Для определения содержания токсичных элементов: свинец, кадмий, ртуть и мышьяк с использовали инверсионно-вольтамперометрический метод определения содержания токсических элементов.

Паразитологическое исследование проводили на предмет обнаружения цист миксоспоридий в мышечной ткани чира [3], [9].

Основные результаты

Таблица 1 – Результаты микробиологического исследования рыбы чир

№	Наименование показателя	НД на метод испытаний	Анабарский район (n=12)	Усть-Янский район (n=12)
1	КМАФАнМ, КОЕ/г	ГОСТ 10444.15-94 (Не более 1×10^3)	1×10^3	1×10^3
2	БГКП, г	ГОСТ 31747-2012 (В 0,001 г не допускаются)	Не обнаружены	Не обнаружены
3	<i>Staphylococcus aureus</i> , г	ГОСТ 31746-2012 (В 0,01 г не допускаются)	Не обнаружены	Не обнаружены
4	Патогенные микроорганизмы, в т. ч. сальмонеллы, г	ГОСТ 31659-2012 (В 25 г не допускается)	Не обнаружены	Не обнаружены
5	<i>Listeria monocytogenes</i> , г	ГОСТ 32031 -2012 (В 25 г не допускается)	Не обнаружены	Не обнаружены

Таблица 2 – Результаты химико-токсикологического исследования рыбы чир

№	Наименование показателя	НД на метод испытаний	Анабарский район (n=12)	Усть-Янский район (n=12)
1	Кадмий, мг/кг	ГОСТ 30178-96 (Не более 0,2)	$0,02 \pm 0,2$	$0,02 \pm 0,2$
2	Свинец, мг/кг	ГОСТ 30178-96 (Не более 1,0)	$0,1 \pm 0,2$	$1,1 \pm 0,2$
3	Ртуть, мг/кг	ГОСТ 26927-86 (Не более 0,6)	$0,002 \pm 0,2$	$0,002 \pm 0,2$
4	Мышьяк, мг/кг	ГОСТ 26930-86 (Не более 1,0)	$0,008 \pm 0,2$	$0,008 \pm 0,2$

Таблица № 3 – Результаты физико-химического исследования рыбы чир

№	Наименование показателя	НД на метод испытаний	Результаты исследований	Анабарский район (n=12)	Усть-Янский район (n=12)
1	Определение pH, ед. pH	ГОСТ 19-7/549-Правила ветеринарно-санитарной экспертизы пресноводной рыбы и раков	Не более 6,9	$6,8 \pm 0,2$	$6,8 \pm 0,2$
2	Реакция на пероксидазу		Положительно	Положительно	Положительно
3	Реакция с сернокислую медь		Отрицательный	Отрицательный	Отрицательный

Обсуждение

Товарный вид во многом определяется органолептическим показателем, значение которого при ветеринарно-санитарной экспертизе неизменно остается определяющим.

Анализируя, полученные показатели органолептического исследования, установили, что окоченелость мышц хорошо выражена у всех проб рыб, слизь отсутствует, обветренная, без посторонних запахов и примесей крови, рот сомкнут, жаберные крышки плотно прилегают, темно-красный цвет, брюшко имеет характерную для рыбы форму, не вздутое, анальное отверстие не выпячено, без истечения слизи. Мышцы упругой консистенции, плотно прилегают к костям. Внутренние органы хорошо выражены, естественной окраски и структуры. Бульон мутноватый, запах специфичный. По результатам органолептических исследований установили, что все пробы имели показатель сомнительной свежести рыбы.

По результатам физико-химических показаний рыбы чир исследования показали: у всех проб реакция на pH – показывает 6,80 соответствует здоровой рыбе; на пероксидазу – отрицательная, вытяжка из жаберной ткани не дает синей окраски, а непосредственно переходит в коричневый цвет; реакция на сернокислую медь – положительная, имеется легкое помутнение. Рыба является сомнительной свежести.

При микробиологических исследованиях проб рыб установлено, что количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФанМ) находится в пределах установленных норм (1×10^3). В данных пробах рыб бактерии группы кишечной палочки (коли-формы) в 0,001 г. продукта не обнаружены. Стафилококк (*S. aureus*) в 0,01 г. продукта не обнаружены. Патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы, листерии в 25 г. продукта не обнаружены.

Результаты паразитологического исследования позволили убедиться в отсутствии в исследуемых образцах гельминтов и их личинок, представляемых опасностью для человека. Республика Саха (Якутия) относится к территориям с очень высокими уровнями заболеваемости природно-очаговыми биогельминтозами.

Заключение

На основании проведенного исследования ветеринарно-санитарной экспертизы и сравнения рыбы чир Усть-Янского и Анабарского района, сделали следующие выводы:

При органолептическом исследовании параметры (слизь, чешуя, рот, глаза, жабры, плавники, анальное отверстие и мышцы) всех проб чира соответствует показателям сомнительной свежести рыб.

При физико-химическом исследовании показатели (реакция на пероксидазу – отрицательная; реакция на сернокислую медь – положительная) следует вывод, что рыба является сомнительной свежести, но показатель pH соответствует здоровой свежей рыбе.

По микробиологическим исследованиям КМАФанМ в пределах допустимых норм 1×10^5 , бактерии группы кишечной палочки БГКП, *S. Aureus*, *Salmonella*, *Listeria monocytogenes* - не выделены, микроорганизмы не обнаружены.

При исследовании на паразитарную чистоту паразитов не обнаружено.

При исследовании на токсические элементы показатели (кадмий, мышьяк, ртуть) являются в допустимых количествах, которые соответствуют нормативным документам. Количество свинца, выявленного в рыбе Усть – Янского района превышает нормативные показатели, что может быть связано с добычей золота, а также лесозаготовкой и ремонтом горной и дорожной техники.

Проведенные исследования по органолептическим, физико-химическим показателям установили, что пробы соответствуют показателям свежей рыбы. По микробиологическим, паразитологическим показателям нет изменений. А также по химико – токсикологическим испытаниям выявили в пробах Усть-Янского района отклонение от нормы тяжелого металла свинца в организме рыбы с показателем в $1,1 \pm 0,2$ мг/кг. Результаты ветеринарно-санитарной экспертизы проб чира из Алданского и Усть-Янского районов Якутии свидетельствуют о доброкачественности рыбы.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Матаркина В. В. Ветеринарно-санитарная экспертиза рыбы из торговых точек г. Якутск / В. В. Матаркина // Комплексные вопросы аграрной науки для АПК Республики. – 2019. – С. 60-63.
2. Неустроев Д. Н. Ветеринарно-санитарная экспертиза полупроходных рыб, добытых на территории Якутии / Д. Н. Неустроев, М. Н. Сидоров, М. М. Ершова // Ветеринария и кормление. – 2019. – №. 6. – С. 28-31.
3. Платонов Т. А. Паразитарные заболевания рыб реки Лены и их рыбохозяйственное значение / Т. А. Платонов, Н. В. Кузьмина. // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – №. 5.
4. Нюкканов А. Н. Воздействие антропогенных факторов на основные виды цестод рыб среднего течения реки Лена. / А. Н. Нюкканов. – 2017.
5. Саввинова М. С. Товароведческая характеристика и ветеринарно-санитарная оценка рыбы чир, добываемой в условиях Криволазона / М. С. Саввинова, З. Г. Татаринова // вызовы и перспективы. – 2019. – С. 139.
6. Саввинова М. С. Ветеринарно-санитарная оценка арктического чира / М. С. Саввинова // Академический вестник якутской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 5 (22). – С. 31-39.
7. Сидоров М. Н. Ветеринарно-санитарная экспертиза речного омуля Нижнеколымского района республики Саха (Якутия) / М. Н. Сидоров, Е. П. Томашевская // Международный вестник ветеринарии. – 2020. – №. 4. – С. 94-99.
8. Татаринова З. Г. Ветеринарно-санитарная экспертиза восточно-сибирского хариуса (*thymallus arcticus pallasi*) Якутии / З. Г. Татаринова, В. В. Васильева // Иппология и ветеринария. – 2021. – №. 2. – С. 190-195.
9. Томашевская Е.П. Паразитологические показатели рыбы обитающей в водоеме реки Вилюй республики Саха (Якутия) / Е. П. Томашевская, М. Н. Сидоров, З. Г. Татаринова // Экспериментальные и теоретические исследования в современной науке. – 2017. – С. 57-63.

10. Федорова В. С. Ветеринарно-санитарная экспертиза рыбы при миксоспориidioze, дифиллоботриозе и лигулезе / В. С. Федорова, Е. М. Петрова // Современные проблемы и перспективы развития агропромышленного комплекса. – 2018. – С. 296-300.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Matarkina V.V. Veterinarno-sanitarnaja ehkspertiza ryby iz togovykh toчек g. Jakutsk [Veterinary and Sanitary Examination of Fish From Retail Outlets in Yakutsk] / V. V. Matarkina // Kompleksnye voprosy agrarnoj nauki dlja APK Respubliki [Complex Issues of Agrarian Science for the Agro-Industrial Complex of the Republic]. - 2019. - pp. 60-63 [in Russian]
2. Neustroev D.N. Veterinarno-sanitarnaja ehkspertiza poluprokhodnykh ryb, dobytykh na territorii Jakutii [Veterinary and Sanitary Examination of Semi-passable Fish Caught on the Territory of Yakutia] / D. N. Neustroev, M. N. Sidorov, M. M. Ershova // Veterinarija i kormlenie [Veterinary Medicine and Feeding]. - 2019. - No. 6. - pp. 28-31 [in Russian]
3. Platonov T.A. Parazitarnye zaboлевaniya ryb reki Leny i ikh rybokhozjajstvennoe znachenie [Parasitic Diseases of Lena River Fish and Their Fishery Significance] / T. A. Platonov, N. V. Kuzmina // Dostizheniya nauki i tekhniki APK [Achievements of Science and Technology of the Agro-Industrial Complex]. - 2011. - No. 5 [in Russian]
4. Nyukkanov A.N. Vozdejstvie antropogennykh faktorov na osnovnye vidy cestod ryb srednego techeniya reki Lena [The Impact of Anthropogenic Factors on the Main Species of Cestodes of Fish of the Middle Lena River] / A. N. Nyukkanov. – 2017 [in Russian]
5. Savvinova M.S. Tovarovedcheskaja harakteristika i veterinarno-sanitarnaja ocenka ryby chir, dobyvaemoj v uslovijah Kriolitozony [Commodity Characteristics and Veterinary and Sanitary Assessment of Chir Fish Produced in Cryolithozone Conditions] / M.S. Savvinova, Z. G. Tatarinova // Vyzovy i perspektivy [Challenges and Prospects]. – 2019. – p. 139. [in Russian]
6. Savvinova M.S. Veterinarno-sanitarnaja ocenka arkticheskogo chira [Veterinary and Sanitary Assessment of the Arctic Char] / M.S. Savvinova, V.K. Evsjukova // Akademicheskij vestnik jakutskoj gosudarstvennoj sel'skohozjajstvennoj akademii [Academic Bulletin of the Yakut State Agricultural Academy]. - 2021. - № 5 (22). - pp. 31-39. [in Russian]
7. Sidorov M. N. Veterinarno-sanitarnaja jekspertiza rechnogo omulja Nizhnekolym'skogo rajona respubliki Saha (Jakutija) [Veterinary and Sanitary Examination of the River Omul of the Nizhnekolymsky District of the Republic of Sakha (Yakutia)] / M. N. Sidorov, E.P. Tomashevskaja // Mezhdunarodnyj vestnik veterinarii [International Bulletin of Veterinary Medicine]. – 2020. – №. 4. – pp. 94-99. [in Russian]
8. Tatarinova Z. G. Veterinarno-sanitarnaja jekspertiza vostochno-sibir'skogo hariusa (thymallus arcticus pallasi) Jakutii [Veterinary and Sanitary Examination of the East Siberian Grayling (Thymallus Arcticus Pallasi) Of Yakutia] / Z. G. Tatarinova, V. V. Vasil'eva // Ippologija i veterinarija [Hippology and Veterinary Medicine]. – 2021. – №. 2. – pp. 190-195. [in Russian]
9. Tomashevskaja E.P. Parazitologicheskie pokazateli ryby obitajushhej v vodoeme reki Vil'juj respubliki Saha (Jakutija) [Parasitological Indicators of Fish Living in the Reservoir of the Vilyu River of the Republic of Sakha (Yakutia)] / E.P. Tomashevskaja, M.N. Sidorov, Z.G. Tatarinova // Jeksperimental'nye i teoreticheskie issledovanija v sovremennoj nauke [Experimental and Theoretical Research in Modern Science]. – 2017. – pp. 57-63. [in Russian]
10. Fedorova V.S. Veterinarno-sanitarnaja jekspertiza ryby pri miksosporidioze, difillobotriozе i liguleze [Veterinary and Sanitary Examination of Fish With Myxosporidiosis, Diphyllobothriosis and Ligulosis] / V.S. Fedorova, E.M. Petrova // Sovremennye problemy i perspektivy razvitija agropromyshlennogo kompleksa [Modern Problems and Prospects for the Development of the Agro-Industrial Complex]. – 2018. – pp. 296-300. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.118.4.099>**ХАРАКТЕРИСТИКА СТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ТИМУСА У ОВЕЦ
ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНОЙ ДОБАВКИ**

Научная статья

Шубина Т.П.^{1,*}, Чопорова Н.В.²¹ ORCID: 0000-0002-8556-7713;^{1,2} Донской государственный аграрный университет, Персиановский, Россия

* Корреспондирующий автор (schubina.ta[at]yandex.ru)

Аннотация

Изучение иммунной системы является актуальной проблемой ветеринарии. Один из центральных органов иммуногенеза - тимус. Он участвует в формировании клеточного и гуморального иммунитета, вырабатывает биологически активные вещества. В статье приведены данные по структуре элементов данного органа у овец в возрастном аспекте с применением биологически активного препарата «Гамавит». Рассмотрена динамика изменений компонентов паренхимы и стромы тимуса овец от рождения до девяти месяцев. Установлено, что относительная площадь паренхимы тимуса с возрастом увеличивалась за счет корковой зоны. Животные, получавшие препарат, имели большее значение лимфоидной ткани в вилочковой железе, что говорит о положительном его влиянии на лимфоидные органы.

Ключевые слова: тимус, структурные элементы, овцы, биопрепарат, возраст.**CHARACTERISTICS OF THE STRUCTURAL ELEMENTS OF THE THYMUS IN SHEEP
WHEN USING A BIOLOGICALLY ACTIVE ADDITIVE**

Research article

Shubina T.P.^{1,*}, Choporova N.V.²¹ ORCID: 0000-0002-8556-7713;^{1,2} Don State Agrarian University, Persianovsky, Russia

* Corresponding author (schubina.ta[at]yandex.ru)

Abstract

The study of the immune system is an urgent problem of veterinary medicine. One of the central organs of immunogenesis is the thymus. It participates in the formation of cellular and humoral immunity, produces biologically active substances. The article presents data on the structure of the elements of this organ in sheep in the age aspect with the use of biologically active drug "Gamavit". The study examines the dynamics of changes in the components of the parenchyma and stroma of the thymus of sheep from birth to nine months. The authors find that the relative area of the parenchyma of the thymus increased with age due to the cortical zone. Animals receiving the drug had a greater value of lymphoid tissue in the thymus gland, which indicates its positive effect on lymphoid organs.

Keywords: thymus, structural elements, sheep, biological preparation, age.**Введение**

Изучение иммунной системы является одной из актуальных проблем ветеринарии. Иммунная система имеет большое значение для организма, поддерживает его генетический состав, регулирует гомеостаз [1], [2], [7], [8]. В эту систему входят органы иммунологической защиты и гемопоэза. Центральными органами являются красный костный мозг и вилочковая железа, к периферическим относятся селезенка, лимфатические узлы, лимфоидные образования пищеварительного тракта. В красном костном мозге из стволовых клеток образуются все клетки крови, обеспечивающие иммунные реакции.

Тимус участвует в формировании клеточного и гуморального иммунитета, вырабатывает биологически активные вещества [4], [5], [6]. В тимусе лимфоциты, поступая из красного костного мозга, созревают и дифференцируются в Т-лимфоциты, создается специфическая среда для размножения и взаимного контакта макрофагов и различных клеток, осуществляющих иммунные реакции организма. Более 90% клеток в тимусе погибают, так как не проходят селекцию, а оставшиеся Т-лимфоциты попадают в кровоток, лимфоидные органы. Т-лимфоциты играют важную роль в иммунной системе, составляют 60-70% лимфоцитов крови и выполняют разнообразные, специфические для каждой разновидности клеток, функции [9], [10].

Методы исследования

Материалом для исследования служили новорожденные, двухмесячные, пятимесячные и девятимесячные овцы. Из частных фермерских хозяйств Ростовской области. В эксперименте был использован препарат «Гамавит», содержащий комплекс биологически активных веществ, оптимизирующих обменные процессы в организме, повышающий устойчивость животных к стрессу, оказывающий иммуномодулирующее и общее биотонизирующее действие. Препарат «Гамавит» применялся овцам с профилактической целью в течение 15 дней в дозе 0,1 мл/ кг массы тела в возрасте 1,2,4,5 месяцев.

Определяли относительную площадь структурных элементов тимуса-паренхимы и стромы. Использовали микроморфометрические методики. Для изготовления гистологических препаратов отобранный материал фиксировали в нейтральном формалине, заливали в парафин, делали срезы и проводили их окраску гематоксилин - эозином. Проводили статистическую обработку данных.

Основные результаты

Результаты исследований приведены в таблице.

Таблица 1 – Относительная площадь структурных элементов тимуса овец ($\bar{x} \pm m$), $n=5$

Показатели	Возраст						
	новорожденные	2 мес		5 мес		9 мес	
		контроль	опыт	контроль	опыт	контроль	опыт
Паренхима	68,9±0,5	77,9±0,3	78,6±0,1	78,4±0,2	79,1±0,9	79,0±0,8	81,3±0,6
Корковое вещество	36,8±0,5	46,9±0,2	47,5±0,6	47,8±0,7	53,0±0,5	48,2±0,7	53,7±0,7
Мозговое вещество	32,1±0,1	31,0±0,4	31,1±0,4	30,6±0,4	26,1±0,3	30,8±0,6	27,6±0,1
стромы	31,1±0,4	22,1±0,2	21,4±0,3	21,6±0,5	20,9±0,6	21,0±0,5	18,7±0,2
Капсула	21,3±0,7	17,0±0,4	18,3±0,40,7	16,7±0,2	16,9±0,3	18,0±0,7	15,9±0,4
трабекулы	9,8±0,06	5,1±0,9	3,1±0,8	4,9±0,5	4,0±0,4	3,0±0,7	2,8±0,6

Относительная площадь паренхимы тимуса новорожденных овец составляла 68,9±0,5%. В течение всего изучаемого периода она увеличивалась. К двум месяцам ее увеличение составило в контроле на 9,0%, в опыте – на 9,7%; от двух до пяти месяцев в обеих группах всего лишь на 0,5%; с пяти до девяти месяцев – в контроле на 0,6; в опыте гораздо значительнее – на 2,2%.

Динамика изменений структурных элементов паренхимы – коркового и мозгового вещества в тимусе овец выглядела следующим образом. Относительная площадь коркового вещества у новорожденных овец составляла 36,8±0,5%. К концу молочного периода она увеличилась в контрольной группе на 10,1%, в опытной – на 10,7%. От двух до пяти месяцев этот показатель продолжал увеличиваться, но в гораздо меньшей степени, чем в предыдущий период. В контроле увеличение составило всего лишь 0,3%, а в опыте – 5,5%. От пяти до девяти месяцев увеличение относительной площади коркового вещества было незначительным в обеих группах: в контроле – на 0,4%, в опыте – на 0,7%. Относительная площадь коркового вещества паренхимы тимуса от рождения до девяти месяцев увеличилась в контрольной группе на 11,4%, в опытной – на 16,9%.

Относительная площадь мозгового вещества у новорожденных овец составляла 32,1±0,1%. К двум месяцам она уменьшилась в обеих группах: в контроле – на 1,1%, в опыте – на 1,0%; от двух до пяти месяцев уменьшилась в контроле на 0,4%, в опыте – на 5,0%. От пяти до девяти месяцев относительная площадь мозгового вещества незначительно увеличилась в обеих группах: в контрольной – на 0,2%, в опыте – на 1,5%. Относительная площадь мозгового вещества паренхимы тимуса от рождения до девяти месяцев уменьшилась в контрольной группе на 1,3%, в опытной – на 4,5%.

Структурные элементы стромы тимуса овец – капсула и трабекулы, изменялись с возрастом. Относительная площадь стромы тимуса новорожденных овец составляла 31,1±0,4%. В течение всего изучаемого периода она уменьшалась. К двухмесячному возрасту она уменьшилась в контрольной группе на 9,0%; в опыте – на 9,7%. В следующий период, от двух до пяти месяцев уменьшилась одинаково в обеих группах – на 0,5%. От пяти до девяти месяцев стромы уменьшилась в контрольной группе на 0,6%; а в опытной – на 2,2%. Относительная площадь стромы тимуса овец от рождения до девяти месяцев уменьшилась в контрольной группе на 10,1%; в опытной – на 12,4%.

Относительная площадь капсулы в строме тимуса новорожденных ягнят составляла 21,3±0,7%. К концу молочного периода она уменьшилась в контроле на 4,3%; в опыте – на 3,0%. От двух до пяти месяцев этот показатель уменьшился в контроле на 0,3%, в опыте – на 1,4%. От пяти до девяти месяцев площадь капсулы в контроле увеличилась на 1,3%; а в опыте уменьшилась на 1,0%. Относительная площадь капсулы в строме тимуса овец от рождения до девяти месяцев уменьшилась в контроле на 3,3%; в опыте – на 5,4%.

Относительная площадь трабекул в строме тимуса новорожденных ягнят составляла 9,8±0,06%. К двум месяцам этот показатель уменьшился в контроле на 4,7%; в опыте – на 6,7%. С двух до пяти месяцев площадь трабекул уменьшилась на 0,2% в контроле, а в опыте, наоборот, увеличилась на 0,9%. С пяти до девяти месяцев шло снижение площади этого показателя в обеих группах. В контроле он снизился на 1,9%; в опыте на 1,2%. Относительная площадь трабекул в строме тимуса овец от рождения до девяти месяцев уменьшилась в контроле на 6,8%; в опыте – на 7,0%.

Обсуждение

Относительная площадь паренхимы в тимусе овец от рождения до девяти месяцев увеличивалась в контроле и опыте; в большей степени увеличивалась в опыте от рождения до двух месяцев и от пяти до девяти месяцев. Увеличение относительной площади паренхимы в тимусе происходило во все периоды за счет коркового вещества. Интенсивность роста этого показателя была выше в опытной группе животных во все изучаемые периоды. Относительная площадь мозгового вещества снижалась до пяти месяцев, значительнее она уменьшалась у опытных животных от рождения до двух и от пяти до девяти месяцев. Относительная площадь стромы и ее структурных элементов – капсулы и трабекул с возрастом уменьшались, более заметно у опытных животных.

Заключение

Относительная площадь паренхимы в тимусе овец более значительно увеличивалась за счет коркового вещества у животных опытной группы, получавших «Гамавит». Абсолютные показатели лимфоидной ткани тимуса у животных опытной группы были выше во все возрастные периоды.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Микробиология и иммунология: Учебное пособие / Л. Н. Блинов, И.Л. Перфилова и др. – СПб.: Лань, 2013. – 240 с.
2. Ветеринарная микробиология и иммунология. Практикум: Учебное пособие / Л.Д. Борзова, Н.Ю. Черникова, В.В. Якушев и др. – СПб.: Лань, 2016. – 368 с.
3. Госманов Р. Г. Микробиология и иммунология: учебное пособие / Р.Г. Госманов, А.И. Ибрагимова, А.К. Галиуллин. – СПб.: Лань, 2013. – 240 с.
4. Кисленко, В. Н. Часть 1. Общая микробиология. В 2-х т. Ветеринарная микробиология и иммунология: учебник / В. Н. Кисленко, Н. М. Колычев. – М.: Инфра-М, 2017. – 624 с.
5. Дьячкова, С. Я. Иммунология: учебное пособие / С. Я. Дьячкова. – СПб.: Лань, 2020. – 168 с.
6. Теоретическая и практическая иммунология: учебное пособие / М.Ш.Азаев, О.П. Колесникова О.П., В.Н.Кисленко и др. – СПб.: Лань, 2015. – 320 с.
7. Тотолян, А. А. Клетки иммунной системы / А. А. Тотолян, И. С. Фрейдлин. – СПб.: Наука, 2000. – 213 с.
8. Магер С. Н. Физиология иммунной системы: учебное пособие / С. Н. Магер, Е. С. Дементьев. – СПб.: Лань, 2014. – 192 с.
9. Хаитов, Р. М. Иммунология. Структура и функции иммунной системы: учебное пособие / Р. М. Хаитов. – ГЭОТАР-Медиа, 2019. – 328 с.
10. Хаитов, Р. М. Иммунология: учебник / Р. М. Хаитов. – ГЭОТАР-Медиа, 2018. – 496 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Mikrobiologiya i immunologiya: Uchebnoye posobiye [Microbiology and immunology: Textbook]. / L.N. Blinov, I.L. Perfilova et al. – St. Petersburg: Lan, 2013. – 240 p. [in Russian]
2. Veterinarnaya mikrobiologiya i immunologiya. Praktikum: Uchebnoye posobiye [Veterinary microbiology and immunology. Workshop: Textbook]. / L.D. Borzova, N.Y. Chernikova, V.V. Yakushev, etc. – St. Petersburg: Lan, 2016. – 368 p. [in Russian]
3. Gosmanov R. G. Mikrobiologiya i immunologiya: uchebnoye posobiye [Microbiology and Immunology: textbook]. / R.G. Gosmanov, A.I. Ibragimova, A.K. Galiullin. – St. Petersburg: Lan, 2013. – 240 p. [in Russian]
4. Kislenko V. Chast 1. Obshchaya mikrobiologiya. V 2-kh t. Veterinarnaya mikrobiologiya i immunologiya: uchebnik [N. Part 1. General microbiology. In 2 vols. Veterinary microbiology and immunology: textbook]. / V.N. Kislenko, N.M. Kolychev. – M.: Infra-M, 2017. – 624 p. [in Russian]
5. Dyachkova, S.Ya. Immunologiya: uchebnoye posobiye [Immunology: textbook]. / S.Y. Dyachkova. – St. Petersburg: Lan, 2020. – 168 p. [in Russian]
6. Teoreticheskaya i prakticheskaya immunologiya: uchebnoye posobiye [Theoretical and practical immunology: textbook]. / M. S.Azaev, O. P. Kolesnikova, V. N. Kislenko et al. – St. Petersburg: Lan, 2015. – 320 p. [in Russian]
7. Totolyan, A. A. Kletki immunnnoy sistemy [Cells of the immune system] / A. A. Totolyan, I. S. Freidlin. – St. Petersburg: Nauka, 2000. – 213 p. [in Russian]
8. Mager S. N. Fiziologiya immunnnoy sistemy: uchebnoye posobiye [Physiology of the immune system: textbook] / S. N. Mager, E. S. Dementiev. – St. Petersburg: Lan, 2014. – 192 p. [in Russian]
9. Khaitov R.M. Immunologiya. Struktura i funktsii immunnnoy sistemy: uchebnoye posobiye [Immunology. The structure and functions of the immune system: a textbook]. / R.M. Khaitov. – GEOTAR-Media, 2019. – 328 p. [in Russian]
10. Khaitov R.M. Immunologiya: uchebnik [Immunology: textbook] / R.M. Khaitov. – GEOTAR-Media, 2018. – 496 p. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.118.4.100>**ВЛИЯНИЕ БИОСТИМУЛЯТОРОВ НА МИКРОСТРУКТУРУ ЛИМФОУЗЛОВ ТОЩЕЙ КИШКИ У СВИНЕЙ**

Научная статья

Шубина Т.П.^{1,*}, Чопорова Н.В.²¹ ORCID: 0000-0002-8556-7713;^{1,2} Донской государственный аграрный университет, Персиановский, Россия

* Корреспондирующий автор (schubina.ta[at]yandex.ru)

Аннотация

Проведены исследования структурных элементов лимфатических узлов тощей кишки у свиней с целью изучения их возрастной динамики (новорожденные, двух- и пятимесечные) и влияния биологически активных добавок. Были сформированы три группы животных: первая группа- контрольная; вторая – опытная первая, получавшая препарат «Гамавит»; третья – опытная вторая, в которой использовали биодобавку «Ветом». По результатам проведенных исследований установлены закономерности возрастных изменений структурных элементов лимфатических узлов тощей кишки у свиней, а также положительное влияние исследуемых биологически активных препаратов на эти органы иммунной системы.

Ключевые слова: свиньи, лимфатические узлы, структурные элементы, биопрепараты, возраст.

ON THE EFFECT OF BIOSTIMULANTS ON THE MICROSTRUCTURE OF JEJUNAL LYMPH NODES IN PIGS

Research article

Shubina T.P.^{1,*}, Choporova N.V.²¹ ORCID: 0000-0002-8556-7713;^{1,2} Don State Agrarian University, Persianovsky, Russia

* Corresponding author (schubina.ta[at]yandex.ru)

Abstract

The current article examines the structural elements of jejunal lymph nodes in pigs in order to study their age dynamics (newborns, two- and five-month-olds) and the effect of biologically active additives. The study involved three groups of animals: a control group; the first experimental group, the animals of which were administered the drug Gamavit; the third experimental group, in which the dietary supplement "Vetom" was used. According to the results of the conducted studies, the authors establish the regularities of age-related changes in the structural elements of jejunal lymph nodes in pigs, as well as the positive effect of the biologically active drugs studied on these organs of the immune system.

Keywords: pigs, lymph nodes, structural elements, biological products, age.

Введение

Свиноводство является одним из важнейших направлений животноводства в России. Наряду с крупными свиноводческими комплексами разведением свиней занимаются и частные фермерские хозяйства. Естественная резистентность является важнейшим фактором, обеспечивающим высокую продуктивность животных. Для повышения устойчивости к неблагоприятным воздействиям внешней среды, профилактики заболеваний и повышения продуктивности свиней применяются биологически активные препараты [5], [7], [9]. В настоящее время накоплен материал о строении и развитии органов иммунной системы различных видов животных [1], [8], [10]. Лимфатические узлы относятся к периферическим органам иммунной защиты, которые участвуют в формировании клеточного и гуморального иммунитета. Это паренхиматозные органы. Сверху лимфатические узлы покрыты капсулой, от которой внутрь отходят трабекулы. Паренхима лимфоузла представлена корковой и мозговой зонами. Эти зоны имеют разную морфофункциональную направленность. В корковой зоне расположены компактные скопления лимфоцитов в виде лимфоидных узелков, где осуществляется антителообразование. В мозговой зоне лимфоидная ткань формирует характерные скопления в виде мозговых тяжей [2], [3], [4], [6].

Цель исследований – изучение возрастной динамики изменений микроструктуры лимфатических узлов тощей кишки свиней при использовании биологически активных препаратов «Гамавит» и «Ветом».

Методы исследования

Для исследования влияния биостимуляторов на структурные элементы паренхимы и стромы лимфатических узлов тощей кишки свиней использовали материал от животных разных возрастных групп: новорожденных, двух- и пятимесечных. В эксперименте были использованы свиньи из частных фермерских хозяйств Ростовской области. Из них сформировали три группы животных, отобранных по принципу аналогов, по пять голов в каждой. Первая группа- контрольная; вторая – опытная первая, получавшая препарат «Гамавит»; третья – опытная вторая, в которой использовали биодобавку «Ветом». Животным первой опытной группы вводили внутримышечно «Гамавит» в дозе 0,1 мл на 1 кг живой массы в течение пяти дней в конце первого месяца жизни, а со второго по пятый месяц - в той же дозе по пять дней ежемесячно. Животные второй опытной группы получали «Ветом 1» с водой в дозе 50 мг/кг живой массы один раз в день в течение десяти дней в конце первого месяца жизни, а со второго по пятый месяц - в той же дозе по десять дней ежемесячно.

Определяли относительную площадь структурных элементов-паренхимы и стромы лимфатических узлов тощей кишки. Использовали микроморфометрические методики. Для изготовления гистологических препаратов отобранный материал фиксировали в нейтральном формалине, заливали в парафин, делали срезы и проводили их окраску гематоксилин - эозином. Проводили статистическую обработку данных.

Основные результаты

Относительная площадь паренхимы лимфатических узлов тощей кишки у новорожденных свиней составляла $77,5 \pm 0,3\%$ (таблица). К двум месяцам этот показатель увеличился в контрольной группе на 2,2%; в группе, получавших «Гамавит» - на 4,6%, в группе, получавших «Ветом» - на 6,5%. К пятимесячному возрасту площадь паренхимы продолжала увеличиваться: в контрольной группе - на 1,7%; в первой опытной группе - на 1,0%; во второй опытной группе - на 3,3%.

Таблица 1 – Относительная площадь структурных элементов лимфатических узлов тощей кишки свиней

показатели	новорож	2,0 мес			5,0 мес		
		контроль	опыт 1	опыт 2	контроль	опыт 1	опыт 2
паренхима	77,5	80,2	82,1	84,0	81,9	83,1	87,3
корковое вещество	44,2	48,4	52,8	54,0	50,0	54,9	59,0
мозговое вещество	33,3	31,8	29,3	30,0	31,9	28,2	28,3
строма	22,5	19,8	17,9	16,0	18,1	16,9	12,7
капсула	12,8	13,4	12,6	9,8	10,1	9,2	7,7
трабекулы	9,7	6,4	5,3	6,2	7,3	7,7	5,0

Относительная площадь коркового вещества в паренхиме лимфоузлов у новорожденных поросят составляла 44,2%. К концу молочного периода его площадь увеличилась в контроле на 4,2%; в первой опытной группе - на 8,6%; во второй опытной группе - на 9,8%. К пяти месяцам этот показатель увеличился в контрольной группе на 1,6%; в группе, получавших «Гамавит» - на 2,1%; в группе, получавших «Ветом» - на 5,0%.

Относительная площадь мозгового вещества в паренхиме лимфоузлов у новорожденных поросят составляла 33,3%. К двум месяцам этот показатель уменьшился в контрольной группе на 1,5%; в первой опытной группе - на 4,0%; во второй опытной группе - на 3,3%. К пятимесячному возрасту относительная площадь мозгового вещества продолжала уменьшаться: в контрольной группе - на 0,1%; в группе, получавших «Гамавит» - на 1,1%; в группе, получавших «Ветом» - на 1,7%.

Относительная площадь стромы в лимфатических узлах тощей кишки у новорожденных свиней составляла 22,5%. К концу молочного периода площадь стромы уменьшилась в контроле на 2,7%; в первой опытной группе - на 4,6%; во второй опытной группе - на 6,5%. В пятимесячном возрасте этот показатель был минимальным во всех группах. В сравнении с предыдущим, двухмесячным периодом, он уменьшился в контроле - на 1,7%, у животных, получавших «Гамавит» - на 1,0%; у животных, получавших «Ветом» - на 3,3%.

Изменение относительной площади структурных элементов стромы в лимфатических узлах тощей кишки - капсулы и трабекул, выглядели следующим образом. Относительная площадь капсулы у новорожденных поросят составляла 12,8%. К концу молочного периода она уменьшилась в контроле на 0,6%; в первой опытной группе - всего лишь на 0,2%; во второй опытной группе - на 3,0%. К пяти месяцам этот показатель уменьшился у всех групп: в контрольной - на 3,3%; в первой опытной группе - на 3,4%; во второй опытной группе - на 2,1%.

Относительная площадь трабекул у новорожденных поросят составляла 9,7%. К двум месяцам она уменьшилась в контрольной группе - на 3,3%; в первой опытной - на 4,4%; во второй опытной - на 3,5%. К пяти месяцам относительная площадь трабекул в контрольной группе уменьшилась на 0,9%. В опытных группах этот показатель изменялся по-разному: в первой опытной группе он увеличился на 1,5%, а во второй опытной - уменьшился на 0,6%.

Обсуждение

Относительная площадь паренхимы и коркового вещества в ней в лимфатических узлах тощей кишки свиней от рождения до пяти месяцев увеличивалась у всех экспериментальных животных. Наиболее интенсивное увеличение этих показателей наблюдалось от рождения до двух месяцев. У животных контрольной группы рост площади паренхимы и коркового вещества был меньше в сравнении с животными опытных групп. Среди опытных групп рост этих показателей был больше в группе животных, получавших «Ветом» на протяжении всего периода исследования.

Заключение

Установлены закономерности возрастных изменений структурных элементов лимфатических узлов тощей кишки у свиней, а также положительное влияние исследуемых биологически активных препаратов на эти органы иммунной системы.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Бородин Ю. И. Функциональная анатомия лимфатического узла / Ю.И. Бородин, М.Р. Сапин, Л.Е. Этинген. – Новосибирск: Наука, 1992. – 255с.
2. Видякина М. А. Морфология полосовидной лимфоидной бляшки стенки тонкой кишки в постнатальный период у крупного рогатого скота / М. А. Видякина / Мат. Всерос. науч.-практ. конф. / Современные проблемы ветеринарной медицины. Киров, 2006. – С. 24-28.
3. Выренков Ю. Е. Современные данные о структурно-функциональной организации лимфатического узла / Ю. Е. Выренков, В. К. Шишло // Морфология. 1995. – № 3. – С. 84-89.
4. Морозова, В. Т. Цитологические исследования лимфатических узлов / В. Т. Морозова // Клиническая лабораторная диагностика. – 1997. – №11. – С. 25-32.
5. Никитенко А. Н. Новые иммуномодулирующие препараты / А. Н. Никитенко // Тезисы докладов к 3-й межвуз. научно-пр. конф. «Новые фармакологические препараты в ветеринарии.». – С.-П., 1991. – С. 23.
6. Олиар А. В. Особенности синтопии некоторых лимфоидных органов поросят / А. В. Олиар // Вет. Медицина, 2000. Вып. 78. Т.2. – С. 153-156.
7. Панин А. Н. Пробиотики в системе рационального кормления животных / А. Н. Панин // Пробиотики, пребиотики, симбиотики и функциональные продукты питания. Науч.-практ. журн. СПб.: – 2007. -№1. – С. 59-63.
8. Панфилов, А. Б. Современные аспекты изучения лимфатических узлов брюшной полости у свиней / А.Б. Панфилов, С.Д. Андреева // Теоретические и практические вопросы ветеринарной медицины: сб. стат. Всерос. науч.-практ. конф. Киров, 2007. – С. 14-16.
9. Размахнин, Ю. Е. Использование биостимуляторов при откорме сельскохозяйственных животных / Ю. Е. Размахнин, И. Ф. Драганов. – М. : ВНИИТЭИагропром, 1990. – 48с.
10. Шубина Т. П. Макроморфометрические показатели краниальных средостенных лимфоузлов у свиней степного типа / Т. П. Шубина, Н. В. Чопорова // В сборнике: Современные технологии сельскохозяйственного производства и приоритетные направления развития аграрной науки. Материалы междунар. науч.- практ. конф.: в 4-х томах. – Персиановский, 2014. – С. 261-262.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Borodin, Yu.I. Funktsionalnaya anatomiya limfaticheskogo uzla [Functional anatomy of the lymph node] / Yu.I. Borodin, M.R. Sapin, L.E. Etingen. – Novosibirsk: Nauka, 1992. – 255p. [in Russian]
2. Vidyakina, M. A. Morfologiya polosovidnoy limfoidnoy blyashki stenki tonkoy kishki v postnatalnyy period u krupnogo rogatogo skota [Morphology of the striated lymphoid plaque of the small intestine wall in the postnatal period in cattle] / M.A. Vidyakina / Mat. Vseros. nauch.-prakt. conf. / Modern problems of veterinary medicine. Kirov, 2006. – pp. 24-28. [in Russian]
3. Vyrenkov Yu. E. Sovremennyye dannyye o strukturno-funktsionalnoy organizatsii limfaticheskogo uzla [Modern data on the structural and functional organization of the lymph node] / Yu.E. Vyrenkov, V.K. Shishlo // Morphology. 1995. – No. 3. – pp. 84-89. [in Russian]
4. Morozova, V. T. Tsitologicheskiye issledovaniya limfaticheskikh uzlov [Cytological studies of lymph nodes] / V. T. Morozova // Klinicheskaya laboratornaya diagnostika [Clinical laboratory diagnostics]. – 1997. – No. 11. – pp. 25-32. [in Russian]
5. Nikitenko A. N. «Novyye immunomoduliruyushchiye preparaty». ["New immunomodulating drugs"]. // Tezisy dokladov k 3-y mezhvuz. nauchno-pr. konf. «Novyye farmakologicheskiye preparaty v veterinarii.». [Abstracts of reports for the 3rd inter-university. scientific-pr. conf. "New pharmacological preparations in veterinary medicine."]. – S.-P., 1991. – p. 23. [in Russian]
6. Oliyar A. V. Osobennosti sintopii nekotorykh limfoidnykh organov porosyat [Features of the syntopia of some lymphoid organs of piglets] / A.V. Oliyar // Vet. Medicine, 2000. Issue 78. Vol.2. – p. 153156. [in Russian]
7. Panin A. N. Probiotiki v sisteme ratsionalnogo kormleniya zhivotnykh [Probiotics in the system of rational animal feeding] / A. N. Panin // Probiotiki. prebiotiki. simbiotiki i funktsionalnyye produkty pitaniya. Nauch.-prakt. zhurn. [Probiotics, prebiotics, symbiotics and functional food products. Scientific and practical Journal of St. Petersburg]. – 2007. – №1. – Pp. 59-63. [in Russian]
8. Panfilov, A. B. Sovremennyye aspekty izucheniya limfaticheskikh uzlov bryushnoy polosti u sviney [Modern aspects of the study of abdominal lymph nodes in pigs] / A.B. Panfilov, S.D. Andreeva // Teoreticheskiye i prakticheskiye voprosy veterinarnoy meditsiny: sb. stat. Vseros. nauch.-prakt. konf. [Theoretical and practical issues of veterinary medicine: sat. stat. Vseros. nauch.-prakt. conf.]. – Kirov, 2007. – P. 14-16. [in Russian]
9. Razmakhnin, Yu.E. Ispolzovaniye biostimulyatorov pri otkorme selskokhozyaystvennykh zhivotnykh [The use of biostimulators in fattening farm animals]. / Yu. E. Razmakhnin, I. F. Draganov. – M.: VNIITEIagroprom, 1990. – 48 p. [in Russian]
10. Shubina T.P., Choporova N.V. Makromorfometricheskiye pokazateli kranialnykh sredostennykh limfouzlov u sviney stepnogo tipa [Macromorphometric indicators of cranial mediastinal lymph nodes in steppe-type pigs] // V sbornike: Sovremennyye tekhnologii selskokhozyaystvennogo proizvodstva i prioritnyye napravleniya razvitiya agrarnoy nauki. Materialy mezhduunar. nauch.- prakt. konf.: [In the collection: Modern technologies of agricultural production and priority directions of agricultural science development. Materials of the international scientific.- practical conf.: in 4 volumes]. – Persyanovsky, 2014. – pp. 261-262. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.118.4.101>**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПО ОБНАРУЖЕНИЮ КОРРОЗИОННОГО РАСТРЕСКИВАНИЯ ПОД НАПРЯЖЕНИЕМ НА ТРУБОПРОВОДАХ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ**

Научная статья

Брюханов М.А.*

Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

* Корреспондирующий автор (anatoliy14[at]yahoo.com)

Аннотация

В данной статье описана методика моделирования распространения коррозионного растрескивания под напряжением на участках магистрального газопровода. В основе методики лежит предиктивная модель прогнозирования появления коррозионных дефектов на газопроводе. Представленный алгоритм создан с помощью принципов нейросетевого моделирования. В основе модели лежит многослойный персептрон – классический инструмент для решения задач бинарной классификации. Дополнительно в работе рассмотрен один из существующих методов выявления коррозионных дефектов на трубопроводах – балльно-факторный анализ. В работе указываются недостатки этой методики и предлагается сравнить ее с нейросетевой моделью. Также приведено экономическое сравнение двух методик на примере некоторых участков магистрального газопровода.

Ключевые слова: нейросеть, нейросетевое моделирование, машинное обучение, магистральный газопровод, балльно-факторный анализ, КРН, коррозия, стресс-коррозия.

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR DETECTING STRESS CORROSION CRACKING ON PIPELINES VIA NEURAL NETWORKS

Research article

Bryukhanov M.A.*

Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

* Corresponding author (anatoliy14[at]yahoo.com)

Abstract

The current article describes a technique for modeling the propagation of stress corrosion cracking in sections of main gas pipelines. The methodology is based on a predictive model for predicting the appearance of corrosion defects on a gas pipeline. The presented algorithm was created using the principles of neural network modeling. The model is based on a multilayer perceptron, a standard tool for solving binary classification problems. Additionally, the paper examines one of the existing methods for detecting corrosion defects in pipelines, which is a point-factor analysis. The paper points out the disadvantages of this technique and suggests comparing it with a neural network model. The study also provides an economic comparison of the two methods based on some sections of a main gas pipeline.

Keywords: neural network, neural network modeling, machine learning, main gas pipeline, point-factor analysis, CRN, corrosion, stress corrosion.

Введение

Проблема коррозии на трубопроводах является актуальной темой в секторе транспортировки углеводородного сырья. На сегодняшний день в России в стадии эксплуатации находятся более 250 тыс. км магистральных нефте- и газопроводов. Стоит отметить, что в связи с устареванием действующего фонда трубопроводов и, как следствие, роста их предрасположенности к корродированию, затраты на обслуживание и ремонт трубопроводов с каждым годом возрастают. Четверть аварий на линейной части возникают по причине образования коррозии [4]. В связи с этим возникает потребность в определении наиболее опасных участков вдоль трассы. Одним из самых распространенных и наиболее опасных видов коррозии является стресс-коррозия или другими словами – коррозионное растрескивание под напряжением, сокращенно КРН [3].

Методы

Единое мнение о механизме КРН на данный момент не сформировано. Один из возможных «сценариев» ее развития выглядит следующим образом. Под некачественно нанесенное или поврежденное изоляционное покрытие трубопровода попадает грунтовая вода. В результате действия катодной защиты, обеспечивающей наложение отрицательного потенциала на трубопровод, большая часть катионов водорода, содержащихся в грунтовой воде, превращается в атомы и молекулы водорода на поверхности металла, что приводит к дополнительному отслоению изоляционного покрытия. Часть атомов или катионов водорода проникает в металл, нарушая его структуру и приводя к его охрупчиванию. От действия переменной нагрузки на поверхности металла образуются трещины, в которые проникает почвенный электролит, и описанный выше процесс повторяется. При достижении одной из трещин критических размеров наступает «внезапное» разрушение трубопровода.

Подводя итоги вышесказанному, можно сделать вывод, что коррозия трубопроводов – процесс неизбежный. Однако человек, вооруженный знанием механизма коррозии, может затормозить его таким образом, чтобы обеспечить сохранение работоспособности трубопроводов в течение достаточно длительного времени.

В 2013 г. в обществе Газпром Трансгаз, в соответствии с Инструкцией по оценке дефектов труб и соединительных деталей при ремонте и диагностировании МГ, были введены весьма консервативные требования к обязательной вырезке

и отбраковке труб со стресс-коррозионными повреждениями глубиной от 0,3 мм (составляет 0,02t для наиболее распространенных на линейных частях (ЛЧ) магистральных газопроводов (МГ) Общества труб диаметром 1420 мм с толщиной стенки $t = 15,7$ мм) при проведении капитального ремонта. В связи с этим, в 2014 г. доля труб, вырезанных и отбракованных в процессе КР на объектах Общества по причине КРН, увеличилась более чем в 2 раза по сравнению с предыдущими периодами [2]. Таким образом, особую актуальность приобрела задача повышения точности оценки состояния подземных трубопроводов на предмет наличия КРН.

Современные методы борьбы с коррозионным растрескиванием под напряжением состоят в следующем. Методами внутритрубной диагностики с применением специальных магнитных снарядов выявляются места, где трещины достигли глубины, сравнимой с порогом чувствительности этих снарядов. В настоящее время чувствительность внутритрубных снарядов такова, что удастся надёжно определять трещины глубиной более 15% от толщины стенки. Далее на основе утверждённых методик из общего массива выделяются те дефекты, которые могут привести к разрыву в течение заданного промежутка времени (например, пяти ближайших лет). Дефекты, которые определены как опасные, срочно ликвидируются заменой труб, остальные дефекты остаются в составе трубопровода. При этом считается, что они не приведут к разрушению до момента следующих обследований. Все оставшиеся в трубопроводе дефекты заносят в специальную базу данных для слежения за их дальнейшим развитием, сопоставляя с результатами последующей диагностики [5].

Однако данная методика, несмотря на детальную проработку, имеет ряд существенных недостатков:

- наличие участков магистральных газопроводов, на которых применение внутритрубной диагностики (ВТД) невозможно. На сегодняшний день, более половины труб единой системы газопроводов (ЕСГ) недоступны для использования внутритрубной диагностики. Это связано с наличием большого количества «непроходных» участков, сильно искривленных участков и участков, не оборудованных камерами приема и пуска очистных и диагностических устройств;
- индивидуальные особенности участков, потенциально предрасположенных к КРН, не учитываются базовым алгоритмом; (степень увлажненности, тип, pH грунта и т.д.)
- высокая стоимость мероприятий по проведению ВТД;
- несмотря на высокий технологический уровень, современные средства внутритрубной диагностики способны выявить лишь дефекты размерами, превышающие 15% от толщины стенки трубы, что делает возможным развитие стресс-коррозионных трещин до критических размеров в период между пропусками средств ВТД [10].

Существует также определенная методика прогнозирования появления и наличия дефектов КРН на участках. В ее основе лежит балльно-факторный анализ определенных критериев, которые выделены, как наиболее влияющие на процесс образования КРН. Для осуществления анализа и выдачи результатов требуется, в соответствии с приведенными таблицами в нормативном документе, рассчитать сумму баллов по каждому критерию и сопоставить с граничными значениями шкалы возникновения отказа по причине КРН [8].

В ряде случаев такой подход действительно позволяет с приемлемой точностью определять наиболее опасные участки вдоль трассы для того, чтобы провести дальнейшие исследования в шурфах. Однако, зачастую, для проведения полного факторного анализа требуется достаточно большое количество параметров, которые не всегда удается заполучить. По этой причине качество анализа страдает и точность предсказаний становится достаточно низкой. В этом случае на действительно опасные участки не обращается должного внимания, в них не проходят дополнительные диагностические исследования, что приводит к отказу трубопровода и аварийным происшествиям.

В рамках проекта была разработана собственная нейросетевая модель наличия стресс-коррозии на участках газопровода. Выборка была разбита на два подмножества: обучающее 312 участков и тестовое 56 участков. После подготовки исходных данных была подобрана оптимальная архитектура нейронной сети. Для задач бинарной классификации более всего подходит многослойный персептрон с несколькими скрытыми слоями. В данном случае характеристики слоев персептрона следующие. 12 нейронов на входном слое, что соответствует количеству факторов-признаков, далее три скрытых слоя с 17, 51 и 17 нейронами соответственно и выходной слой состоит из одного нейрона. Для скрытого слоя число нейронов подбиралось экспериментально в зависимости от точности прогноза нейронной сети. Нейрон в выходном слое отвечает за выдачу результатов прогноза о наличии или отсутствии КРН-дефектов на участке МГ.

Нейроны соседних слоев персептрона соединяются между собой так называемыми синоптическими связями, имеющими определенные весовые коэффициенты [7].

Входной слой предназначен для подачи на него в неизменном виде числовых значений из обучающего и проверочного множества. На скрытом и выходном слоях происходит преобразование входных данных согласно алгоритму работы персептрона.

Скрытый и выходной слои являются обучаемыми, именно от них в большей степени зависит результат прогноза; каждый нейрон данных слоев включает в себя взвешенный сумматор и нелинейный элемент, содержащий функцию F активации нейрона. В качестве функции активации лучше всего подошел сигмоид Ферми, который способен выдавать непрерывное значение итогового показателя, что лучшим образом влияет на показатель точности прогноза.

Результаты и обсуждения

Ранее была частично затронута методика прогнозирования КРН дефектов с помощью балльно-факторного анализа. Поскольку разработанная нейросетевая модель предполагает заменить этот метод, то следует провести сравнение. Сравнение двух методик проводилось на одних и тех же 56 участках. По результатам диагностики и предварительно проведенных исследований, было известно, что на 31 участке обнаружены КРН дефекты и суммарная длина поврежденных участков составила 603 метра.

Факторный анализ указывает так же на 31 участок, и казалось бы, что это 100% точность, но лишь 18 из них являются действительно дефектными. Нейросеть же указала на 36 дефектных участков, из которых 27 действительно

повреждены. Стоит также отметить, что в графе «неверно идентифицированные участки» речь идет как об участках, которые были указаны, как дефектные, а на деле нет, так и наоборот: где дефектный участок был пропущен. То есть нейросеть ошиблась в идентификации на 13 участков из 56, а факторный анализ на 26 участках.

Таким образом, можно сравнить точность прогнозирования наличия или отсутствия дефектных участков: точность предиктивного анализа нейросети составила 77%, а точность балльно-факторного анализа – 56%.

На практике, применение факторного анализа или нейросетевого моделирования необходимо для указания на участки, на которых следует провести поверхностные обследования. Это подземные участки газопроводов, где невозможно использовать внутритрубную диагностику. Для того чтобы осуществить поверхностные обследования, требуется провести шурфовку участков, то есть, раскопать интересующий участок трубы, далее необходимо снять с него изоляцию, подготовить поверхность к неразрушающему контролю и провести непосредственно обследования. Используются следующие методы: для начала проводится визуально-измерительный контроль, далее проводят обследования вихретоковым методом и магнитопорошковым. Возможно применять эти методы по несколько циклов для достижения наилучшего результата. После выявления дефектных участков, необходимо провести капитальный ремонт, в рамках которого они будут заменены [6].

Методика прогнозирования может указать и на нормальный участок, на котором после обследований не было обнаружено дефектов. В этом случае требуется нанести обратно изоляцию и закопать участок [9].

На обследование 10 метров трубопровода требуется около 150 000 рублей в случае, если в дальнейшем будет проводиться кап ремонт по замене секций. В случае, когда обследования не выявили дефектов, затраты составляют в районе 200 000 рублей за 10 метров трубы. Это обусловлено дополнительными земляными работами и работами по нанесению изоляции.

Таким образом, подводя к сравнению экономической привлекательности двух методов, мы видим следующие цифры. В случае с факторным анализом было потрачено в два раза больше денег на обследования участков, где в последствии не было обнаружено дефектов. Поскольку нейросетевой анализ обладает большей точностью, то и полезные затраты получились тоже больше. Однако, несмотря на это, в конечном итоге применение нейросетевого метода оказалось не только точнее, но и выгоднее почти на полтора миллиона рублей.

Заключение

В завершение хотелось выделить направления, по которым возможна дальнейшая работа. Во-первых, для придания унификации методу необходимо определить границы применения определенного набора данных. Имеется ввиду на каких территориях и участках можно использовать определенную выборку, насколько она будет соответствовать почвенным характеристикам и выдавать приемлемую точность. Во-вторых, в области нейросетевого моделирования и машинного обучения качество результата во многом зависит от объема рассматриваемой выборки. Если удастся увеличить количество участков, то это позитивно отразится на результате. Также уместно было бы увеличить количество рассматриваемых параметров. Например, в выборке есть информация по кислотности грунта, но не затронута щелочная характеристика. Любой другой статистический параметр по участкам добавил бы точности к исследованию. И наконец, возвращаясь к унификации, можно было бы собрать данные с принципиально разных участков для возможности использования алгоритма в различных природных условиях.

Основные этапы данной работы: создание нейросетевой модели распространения КРН на участках, разработка прототипа программного приложения, сравнение качественных и количественных характеристик предлагаемого метода и существующего. Также была рассмотрена возможность внедрения ПО в компанию-исполнитель, затраты на обучение одного специалиста использовать алгоритм и подготавливать данные оценены в 2380 рублей.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Кантюков Р. Р. Модель интеллектуального прогнозирования стресс-коррозионной поврежденности магистральных газопроводов. / Р.Р. Кантюков, И.В. Ряховских, Д.А. Мишарин / Повышение надежности магистральных газопроводов, подверженных коррозионному растрескиванию под напряжением. – С. 89.
2. Мирзоев А. М. Нейросетевая модель стресс-коррозионной поврежденности участков линейной части магистральных газопроводов. / А. М. Мирзоев, М. С. Иващенко, А. И. Маршаков // Научно-технический сборник – вести газовой науки – С. 108.
3. Планирование диагностических и ремонтных работ на участках линейной части магистральных газопроводов ООО «Газпром трансгаз Югорск», подверженных коррозионному растрескиванию под напряжением. / С.В. Нефедов, И.В. Ряховских, Р.И. Богданов и др. // Научно-технический сборник – вести газовой науки. – С. 88.
4. Особенности проявления коррозионного растрескивания под напряжением магистральных газопроводов на территории Российской Федерации. / Р.И. Богданов, И.В. Ряховских, Т.С. Есиев и др. / Научно-технический сборник – вести газовой науки. – С. 12.
5. Сильвестров С. А. Инкубационный период развития коррозионного растрескивания под напряжением на магистральных трубопроводах. / С.А. Сильвестров, А.К. Гумеров // Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ. – С. 95.
6. СП 36.13330.2012 Магистральные трубопроводы.
7. Качала В. В. Основы теории систем и системного анализа. / Качала В.В. – 210 с.
8. Методические указания по проведению анализа риска для опасных производственных объектов газотранспортных предприятий оао «газпром», СТО Газпром 2.2.3.351.2009
9. ГОСТ Р 55999-2014. Внутритрубное техническое диагностирование газопроводов. Общие требования.

10. Шарнина Г. С. Анализ методов предотвращения коррозионного растрескивания под напряжением магистральных газопроводов / Г. С. Шарнина, Р. Р. Абдрахманов // Деловой журнал Neftegaz.RU. – 2019. – № 10(94). – С. 94-96.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Kantyukov R. R. Model intellectualnogo prognozirovaniya stress-corrosionnoy povrezhdennosti magistralnykh gazoprovodov [The model of intelligent forecasting of stress-corrosion damage of main gas pipelines]. / R.R. Kantyukov, I.V. Ryakhovskikh, D.A. Misharin // Povyshenie nadezhnosti magistralnykh gazoprovodov podverzhennykh korrozionnomu rastreskivaniyu pod napryazheniem [Improving the reliability of main gas pipelines subject to stress corrosion cracking]. – p. 89 [in Russian]
2. Mirzoev A. M. Neirosetevaya model stress-corrosionnoy povrezhdennosti uchastkov lineinoy chasti magistralnykh gazoprovodov [Neural network model of stress-corrosion damage of sections of the linear part of the main gas pipelines]. / A.M. Mirzoev, M.S. Ivashchenko, A.I. Marshakov // Nauchno-tehnicheskii sbornik – Vesti Gazovoy Nauki [Scientific and technical collection - News Of Gas Science]. – p. 108. [in Russian]
3. Planirovanie diagnosticheskikh i remontnykh rabot na uchastkakh lineinoy chasti magistralnykh gazoprovodov OOO “Gazprom transgaz Ugorsk”, podverzhennykh rastreskivaniyu pod napryazheniem Nefedov [Planning of diagnostic and repair works on the sections of the linear part of the Gazprom Transgaz Yugorsk gas trunk pipelines subject to stress corrosion cracking]. / S.V. Nefedov, I.V. Ryakhovskikh, R.I. Bogdanov et al. / Nauchno-tehnicheskii sbornik – Vesti Gazovoy Nauki [Scientific and technical collection - News Of Gas Science]. – p. 88. [in Russian]
4. Osobennosti poyavleniya korrozionnogo rastreskivaniya pod napryazheniem magistralnykh gazoprovodov na territorii Rossiiskoy Federatsii [Features of the manifestation of corrosion cracking under stress of main gas pipelines on the territory of the Russian Federation.] / R.I. Bogdanov, I.V. Ryakhovskikh, T.S. Yesiev et al. // Nauchno-tehnicheskii sbornik – Vesti Gazovoy Nauki [Scientific and technical collection - News Of Gas Science]. – p. 12. [in Russian]
5. Incubatsionnyi period razvitiya korrozionnogo rastreskivaniya pod napryazheniem na magistralnykh gazoprovodakh. [Incubation period of development of stress corrosion cracking on trunk pipelines]. / S.A. Silvestrov, A.K. Gumerov // Stroitelstvo i ekspluatatsiya neftegazoprovodov, baz i khranilish [Construction and operation of oil and gas pipelines, bases and storage facilities]. – p. 95. [in Russian]
6. SP 36.13330.2012 magistralnye truboprovodi [Main pipelines] [in Russian]
7. Osnovi teorii sistem i sistemnogo analiza [Fundamentals of systems theory and system analysis]. / Kachala V.V., 210 p. [in Russian]
8. Metodicheskie ukazaniya po provedeniu analiza riska dlya opasnykh ob'ektov gazotransportnykh predpriyatiy OAO “Gazprom”, STO Gazprom 2.2.3.351.2009 [Guidelines For Conducting Risk Analysis For Hazardous Production Facilities Of Gazprom Gas Transportation Enterprises, Gazprom Service Station 2.2.3.351.2009] [in Russian]
9. GOST R 55999-2014 vnutritrubnoye tekhnicheskoye diagnostirovanie gazoprovodov. Obschie trebovaniya [GOST R 55999-2014. In-line technical diagnostics of gas pipelines. General requirements]. [in Russian]
10. Sharnina, G. S. Analiz metodov predotvrashcheniya korrozionnogo rastreskivaniya pod napryazheniyem magistralnykh gazoprovodov [Analysis of methods for preventing corrosion cracking under stress of main gas pipelines]. / G. S. Sharnina, R. R. Abdrakhmanov // Delovoy zhurnal Neftegaz.RU [Business Journal Neftegaz.RU]. – 2019. – № 10(94). – Pp. 94-96. [in Russian]

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ / CHEMISTRY

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.118.4.102>**ЛИГНИН ДРЕВЕСИНЫ ОСИНЫ: ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА, СТРОЕНИЯ, ФРАКЦИОНИРОВАНИЯ И КОНВЕРСИИ**

Обзорная статья

Гнидан Е.В.*

Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

* Корреспондирующий автор (egnidan[at]vk.com)

Аннотация

Данное исследование направлено на выявление особенностей лигнина древесины осины как альтернативного источника ароматических углеводородов, что определяет пригодность конкретного способа его переработки. Описывается состав и структура лигнина, изменения химического состава при различных методах его выделения (фракционирования): экстракции органическим растворителем, взрывного автогидролиза, интегрированных процессов. Приводятся результаты исследований работ ученых по выделению различных видов органосольVENTных лигнинов древесины осины; практические подходы к конверсии в жидкие фенольные и ароматические углеводороды. Актуализируется внимание на поиске селективных процессов деполимеризации и сохранения нативной структуры лигнина древесины осины.

Ключевые слова: древесина осины, лигнин, органосольVENTный лигнин, фракционирование, конверсия.

ASPEN WOOD LIGNIN: FEATURES OF COMPOSITION, STRUCTURE, FRACTIONATION AND CONVERSION

Review article

Gnidan E.V.*

Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

* Corresponding author (egnidan[at]vk.com)

Abstract

The study is aimed at identifying the characteristics of aspen wood lignin as an alternative source of aromatic hydrocarbons, which determines the suitability of a particular method of its processing. The author describes the composition and structure of lignin, changes in the chemical composition with various methods of its isolation (fractionation): organic solvent extraction, explosive autohydrolysis, integrated processes. The study presents the results of research of scientists on the isolation of various types of organosolv lignins of aspen wood; practical approaches to conversion into liquid phenolic and aromatic hydrocarbons. The article also draws attention to the search for selective depolymerization processes and preservation of the native structure of aspen wood lignin.

Keywords: aspen wood, lignin, organosolv lignin, fractionation, conversion.

Введение

Направление химической переработки и утилизации лигнинов как богатых источников биоароматических углеводородов зависит от природы растительного сырья и способа его выделения, что проявляется в степени образования конденсированных структур и наборе функциональных групп [1].

Рассмотрение особенностей структуры, состава, свойств лигнина древесины осины, его фракционирования и конверсии является актуальной задачей, поскольку постепенное истощение ресурсной базы твердых пород древесины, используемой в схемах биопереработки, потребует в дальнейшем замены вида возобновляемого сырья, а осина занимает второе место по площади произрастания в России.

Основная часть

Осина относится к древесине лиственных пород, ее компонентный химический состав определяется продолжительностью жизненного цикла: до 20 лет – повышенное содержание лигнина, после 25 лет – увеличение содержание целлюлозы, также влияют климатические факторы – более теплый климат стимулирует биосинтез углеводных компонентов [2].

Химическое строение макромолекул лигнина осины представлено наличием звездообразных структур с линейной топологией макроцепей с числом равным четырем [3], [4], состоящих в основном из гваяцилпропановых и сиригилпропановых единиц, на относительное содержание которых в лигнине оказывает влияние метод выделения [5].

По сравнению с лигнином хвойных пород лигнин осины характеризуется более высокими значениями характеристической вязкости и очень низкими значениями гидродинамического инварианта Цветкова-Кленина. Зависимость гидродинамических характеристик от молекулярных масс носит линейный характер. Меньшие значения степени глобулярности обуславливают более мягкую и рыхлую макромолекулярную структуру лигнина в растворах [4], [6].

Лигнины осины обладают более высокой реакционной способностью в кислотно-основных и окислительно-восстановительных взаимодействиях по сравнению с хвойными породами [3], поскольку имеют большой гидродинамический размер макромолекул при более низких значениях молекулярных масс, что обеспечивает большую доступность реакционных центров макромолекул [4].

Окисленный и сульфированный лигнин древесины осины менее ингибируют гидролиз целлюлозы и адсорбируют ферменты. За счет наличия кислотных групп и алифатических гидроксильных групп и меньшего количества фенольных гидроксильных групп усиливается гидрофильность и отрицательный заряд, тем самым уменьшается непродуктивное связывание целлюлаз с лигнином [7].

На выход и состав лигнина древесины осины влияют такие факторы как соотношение между видом сырья и реагентами для делигнификации, температура, время разложения, тип растворителя и размер частиц сырья [8].

Одним из перспективных методов фракционирования лигнина является экстракция лигноцеллюлозных материалов органическим растворителем или его смесями с водой [9]. Этаноллигнин осины содержит значительно больше водорода и меньше кислорода, чем уксусно-кислотный, щелочной и сернокислотный лигнины из древесины осины [10], [11], и сопоставим по элементному составу с органосольвентным лигнином, выделенным из древесины осины экстракцией ацетоном [12]. У этаноллигнинов осины выявили наличие β -O-4', β - β' , β -5' связей. Обнаружено, что β -O-4' связи в этаноллигнинах осины частично ацилированы этоксильными группами в α -позиции. [13]. Уксуснокислотный лигнин осины характеризуется высоким содержанием карбоксильных групп, сернокислотный – ароматических структурных единиц [10].

В результате воздействия на древесину осины взрывного автогидролиза в лигнинной части протекают реакции деметоксилирования, разрыв β -O-4 связей, реакции деацетилирования. Обнаружено, что низкомолекулярный лигнин наиболее полно извлекается из автогидролизованной древесины 0.1н раствором NaOH [14], [15].

Рассматривается [16] интегрированный процесс фракционирования древесины осины, основанный на автогидролизе (H) и последующей делигнификации муравьиной кислоты (FAD). Действие деметилирования лигнина не было значительным во время процесса FAD. Во время процесса H-FAD наблюдалось высокое соотношение S / G и большее количество групп OCH₃ во фракционированных лигнинах.

Эффективное устранение реакции реполимеризации в технически подходящих условиях обработки паром биомассы осины, может быть достигнуто добавлением поглотителя ионов карбония, такого как реакционноспособный фенол, 2-нафтол, что даст более однородный и легко экстрагируемый лигнин с низкой молекулярной массой [17].

Было проведено исследование выделения лигниновой фракции из древесины осины с помощью низкотемпературного (90–95 °C) ацидолиза с участием растворителя диоксан-вода (9: 1), содержащего эквивалент 0,2 н. соляной кислоты, что привело к большему выходу лигнина с более низким содержанием метоксила. С увеличением времени ацидолиза наблюдалось медленное возрастание отношения углерод – метил / метоксил. Выход сиреневого альдегида из лигнина осины при щелочном окислении нитробензолом был выше [18].

Разработка практических подходов к конверсии лигнинов древесины осины важная составляющая устойчивости химической промышленности.

Выделяют следующие основные процессы конверсии лигнинов в жидкие фенольные и ароматические углеводороды: пиролиз, каталитический гидрогенолиз, щелочная деполимеризация, деполимеризация в сверхкритических флюидах [19].

Лигнин из осины производит значительно больше пиролизических продуктов, чем лигнин луговой травы (PCG) и синтетический крафт-лигнин, что указывает на способность лигнина осины приводить к более высоким показателям конверсии биомассы [20].

В процессе термической конверсии лигнина древесины осины с использованием кислотных цеолитных катализаторов более высокие значения выхода жидких продуктов достигаются при температуре 350 °C и увеличивается степень конверсии лигнина на 20-30 %. Максимальные значения конверсии лигнина (71 мас. %) и выхода легкокипящей (<180 °C) фракции жидких продуктов (44 мас. %) были получены в присутствии катализатора НВКЦ-30 [21].

Исследовалось влияние сульфатированных катализаторов ZrO₂, ZrO₂–Al₂O₃ и кислотных цеолитных катализаторов с различными силикатными модулями на термическую конверсию щелочного лигнина осины в сверхкритическом этаноле при 300–400°C. Максимальный эффект достигается для катализаторов на основе сульфатированного ZrO₂ при температуре 400°C, а для цеолитов – при 350°C [22].

Установлено [12], что в процессе конверсии ацетонлигнина осины в среде сверхкритического бутанола при 300 °C и давлении 2,4-5,0 МПа использование никель-медных катализаторов приводит к увеличению выхода гексанрастворимых продуктов в 1,7–1,8 раза. Максимальный выход жидких продуктов (44,2 мас.%) наблюдался в присутствии катализатора NiCu/SiO₂, прокаленного при 400 °C.

Каталитический гидрогенолиз в сверхкритическом этаноле в присутствии функциональных катализаторов Ru / C и Pt / ZrO₂ позволяет фракционировать биомассу древесины осины на целлюлозу и жидкие продукты при температуре 250 °C и давлении 2 9,0 МПа. Также выявлено, что нативный лигнин древесины осины легче деполимеризуется до мономерных соединений в процессе каталитического гидрогенолиза, чем этаноллигнин, выделенный из древесины [23].

Заключение

Данное исследование, направленное на выявление и описание особенностей лигнина древесины осины, показало, что его макромолекула звездообразной структуры, линейной топологии с большим гидродинамическим размером и низкой молекулярной массой, обладает повышенной реакционной способностью. Окисление и сульфирование усиливают гидрофильность лигнина осины, что способствует лучшему протеканию ферментативного гидролиза.

Необратимая конденсация является основной причиной, препятствующей эффективному превращению лигнина осины в ароматические вещества. Поэтому поиск селективных процессов деполимеризации и сохранения нативной структуры лигнина осины является актуальной задачей, и здесь перспективным направлением является каталитическое фракционирование, что позволит построить процессы генерирования ценных ароматических химикатов, которые могут быть использованы в целевых продуктах от энергетики до нанотехнологий.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Состав и связующие свойства лигнинов, полученных окислительной делигнификацией древесины пихты, осины и березы в среде уксусной кислоты / И.Г. Судакова, Б.Н. Кузнецов, Н.В. Гарынцева и др. // Химия растительного сырья. - 2010. - №3. - С. 55-60.
2. Пустынная М. А. Региональные и возрастные изменения химического состава лигноуглеводной матрицы лиственной древесины (на примере осины *Populus tremula*) / М.А. Пустынная, М.А. Гусакова, К.Г. Боголицын // Лесной журнал. - 2015. - № 1. - С. 133-143.
3. Карманов А. П. Исследование структуры макромолекул лигнинов / А. П. Карманов, В. Ю. Беляев, Л. С. Кочева // Химия растительного сырья. 2010. - №1. - С. 27-34.
4. Карманов А. П. Лигнин. Структурная организация и фрактальные свойства / А. П. Карманов, Ю. Б. Монаков // Успехи химии. -2003.- Т. 72 , № 8 – С. 797-819.
5. Кононов Г. Н. Дендрохимия. Химия, нанохимия и биогеохимия компонентов клеток, тканей и органов древесных растений. В 2 т. Т. 1. / Г. Н. Кононов. – М. : Изд-во Московского гос. ун-та леса (МГУЛ), 2015. – - 480 с.
6. Bogolitsyn K. G. The differences between acid–base and redox properties of phenolic structures of coniferous and deciduous native lignins / K. G. Bogolitsyn, S. S. Khviuzov, M. A. Gusakova et al. // Wood Sci Technol. – 2018. Vol. 52. – P. 1153–1164. DOI: 10.1007/s00226-018-1008-z.
7. Wu J. Enhancing Enzyme-Mediated Cellulose Hydrolysis by Incorporating Acid Groups Onto the Lignin During Biomass Pretreatment / J. Wu, R. P. Chandra, M. Takada et al. // Frontiers in Bioengineering and Biotechnology. -2020. – Vol.8. DOI: 10.3389/fbioe.2020.608835.
8. Poveda-Giraldo J. A. The potential use of lignin as a platform product in biorefineries: A review / J. A. Poveda-Giraldo, J. C. Solarte-Toro, C. A. C. Alzate // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2021. – Vol. 138. DOI: 10.1016/j.rser.2020.110688.
9. Martín-Sampedro R. Characterization of lignins from *Populus alba* L. generated as by-products in different transformation processes: Kraft pulping, organosolv and acid hydrolysis / R. Martín-Sampedro, J. I. Santos, U. Fillat et al. // International Journal of Biological Macromolecules. – 2019. – Vol. 126. – P. 18-29 DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2018.12.158.
10. Исследование термического разложения образцов лигнина, выделенных из древесины осины различными методами / В.И. Шарыпов, Л.И. Гришечко, Л.С. Тарасова и др. // Журнал Сиб. федер. ун-та. Химия. – 2011. – Т. 3.- № 4 – С. 221-231.
11. Изучение состава и термических превращений этаноллигнина, выделенного из древесины осины / В.И. Шарыпов, Н.Г. Береговцова, С.В. Барышников и др. // Журнал Сиб. федер. ун-та. Химия. – 2016. – Т. 3, №9. – С. 296-307.
12. Состав жидких продуктов конверсии ацетонлигнина в сверхкритическом бутаноле в присутствии катализаторов NiCu/SiO₂ / В. И. Шарыпов, Б. Н. Кузнецов, В. А. Яковлев и др. // Журнал Сиб. федер. ун-та. Химия. -2015. -Т. 8, №3. – С. 465-475.
13. Левданский А.В. Изучение этаноллигнинов пихты и осины методом 2D ЯМР / А.В. Левданский, А.А. Кондрасенко // Новые каталитические процессы глубокой переработки углеводородного сырья и биомассы. Третья школа молодых учёных [Электронный ресурс]: сборник тезисов докладов, 1-4 октября 2019 г., Красноярск / Институт катализа СО РАН – Новосибирск: ИК СО РАН, 2019. – С.51. – URL: <http://catalysis.ru/resources/institute/Publishing/Report/2019/cat-proc-biomass-2019.pdf>. (дата обращения: 23.03.2022).
14. Изучение продуктов баротермической обработки древесины осины методом ¹³C спектроскопии / Д. В. Ширяев, Н. П. Мусько О. С. Беушева и др. // Ползуновский вестник. - № 1 – 2013. – С.224-228.
15. Поведение компонентов древесины осины при ее термокаталитической активации в условиях взрывного автогидролиза [Электронный ресурс] / И.В. Кротова, А.А. Ефремов, С.А. Кузнецова и др. // Химия растительного сырья. – 1997. – Т 1, N3. – URL: http://www2.asu.ru/science/journal/chemwood/volume1/n3/stat_2.html#wwed. (дата обращения: 23.03.2022).
16. Modification of the aspen lignin structure during integrated fractionation process of autohydrolysis and formic acid delignification / Z. Shao, Y. Fu, P. Wang et al. // International Journal of Biological Macromolecules. – 2020. – Vol. 165, Iss. B. – P.1727-1737. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2020.10.026.
17. Li J. Lignin depolymerization/repolymerization and its critical role for delignification of aspen wood by steam explosion / J. Li, G. Henriksson, Göran Gellerstedt // Bioresource Technology. – 2007. – Vol. 98, Iss.16. – P. 3061-3068. DOI: 10.1016/j.biortech.2006.10.018.
18. Pepper J. M. The isolation and properties of lignins obtained by the acidolysis of spruce and aspen woods in dioxane-water medium / J. M. Pepper, P. E. T. Baylis, E. Adler // Canadian Journal of Chemistry. - 1959.- Vol. 37(8). – P. 1241-1248. DOI: 10.1139/v59-183.
19. Выделение, изучение и применение органосольVENTных лигнинов (обзор) / Б.Н. Кузнецов, Ю.Н. Маляр, С.А. Кузнецова и др. // Журнал Сиб. федер. ун-та. Химия. – 2016. – Т. 4, №9. – С. 454-482.
20. Pyrolysis of lignin extracted from prairie cordgrass, aspen, and Kraft lignin by Py-GC/MS and TGA/FTIR / M. Zhang, Fernando L.P. Resende, Alex Moutsoglou et al. // Journal of Analytical and Applied Pyrolysis. – 2012. – Vol. 98. – P. 65-71, DOI: 10.1016/j.jaap.2012.05.009.
21. Термическая конверсия лигнина древесины осины в этаноле в присутствии цеолитных катализаторов / В.И. Шарыпов, Н.Г. Береговцова, С.В. Барышников и др. // Журнал Сиб. федер. ун-та. Химия. – 2013. – Т. 3, №6. – С. 241-250.

22. Конверсия лигнина в среде сверхкритического этанола в присутствии твердых кислотных катализаторов / Б. Н. Кузнецов, В. И. Шарыпов, Н. В. Чесноков и др. // Кинетика и катализ. – 2015. – Т. 56, № 4. – С. 436–444.
23. Kuznetsov B.N. Catalytic hydrogenolysis of native and organosolv lignins of aspen wood to liquid products in supercritical ethanol medium / B.N. Kuznetsov, V.I. Sharypov, S.V. Baryshnikov // Catalysis Today. – 2021. – Vol. 379. – P. 114-123. DOI: 10.1016/j.cattod.2020.05.048.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Sostav i svyazuyushchie svoystva ligninov, poluchennykh oksislitel'noy delignifikatsiej drevesiny pihty, osiny i berezy v srede uksusnoj kisloty [Composition and binding properties of lignins produced by oxidative delignification of fir, aspen and birch wood in an acetic acid environment] / I.G. Sudakova, B.N. Kuznecov, N.V. Garynceva et al. // Himiya rastitel'nogo syr'ya [Chemistry of plant raw materials]. – 2010. – № 3. – P. 55-60. [in Russian]
2. Pustynnaya M.A. Regional'nye i vozrastnye izmeneniya himicheskogo sostava lignouglevodnoj matricy listvennoj drevesiny (na primere osiny Populus tremula) [Regional and age changes in the chemical composition of the lignocarbhydrate matrix of hardwood (for example, aspen Populus tremula)] / M.A. Pustynnaya, M.A. Gusakova, K.G. Bogolitsyn // Lesnoj zhurnal [Forest log]. – 2015. – № 1. – P. 133-143. [in Russian]
3. Karmanov A.P. Issledovanie struktury makromolekul ligninov [Study of the structure of macromolecules of lignins] / A.P. Karmanov, V.YU. Belyaev, L.S. Kocheva // Himiya rastitel'nogo syr'ya. [Chemistry of plant raw materials]. – 2010. – № 1. – P. 27–34. [in Russian]
4. Karmanov A.P. Lignin. Strukturnaya organizatsiya i fraktal'nye svoystva [Structural organization and fractal properties] / A.P. Karmanov, YU.B. Monakov // Uspekhi himii [Advances in Chemistry]. – 2003. – V. 72, № 8 – P. 797-819. [in Russian]
5. Kononov G.N. Dendrohimiya. Himiya, nanohimiya i biogehimiya komponentov kletok, tkanej i organov drevesnykh rastenij [Dendrochemistry. Chemistry, nanochemistry and biogeochemistry of cell components, tissues and organs of woody plants]. In 2 v. Vol.1 / G.N. Kononov. – M. : Publishing house Moskovskogo gos. un-ta lesa (MGUL), 2015. – Vol. 1. – 480 p. [in Russian]
6. The differences between acid–base and redox properties of phenolic structures of coniferous and deciduous native lignins / K.G. Bogolitsyn, S.S. Khviuzov, M.A. Gusakova et al. // Wood Sci Technol. – 2018. Vol. 52. – P. 1153–1164. DOI: 10.1007/s00226-018-1008-z.
7. Wu J. Enhancing Enzyme-Mediated Cellulose Hydrolysis by Incorporating Acid Groups Onto the Lignin During Biomass Pretreatment / J. Wu, R. P. Chandra, M. Takada et al. // Frontiers in Bioengineering and Biotechnology. – 2020. – Vol.8. DOI: 10.3389/fbioe.2020.608835.
8. Poveda-Giraldo J. A. The potential use of lignin as a platform product in biorefineries: A review / J. A. Poveda-Giraldo, J. C. Solarte-Toro, C. A. C. Alzate // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2021. – Vol. 138. DOI: 10.1016/j.rser.2020.110688.
9. Characterization of lignins from Populus alba L. generated as by-products in different transformation processes: Kraft pulping, organosolv and acid hydrolysis / R. Martín-Sampedro, J. I. Santos, Ú. Fillat et al. // International Journal of Biological Macromolecules. – 2019. – Vol. 126. – P. 18-29 DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2018.12.158.
10. Issledovanie termicheskogo razlozheniya obrazcov lignina, vydelennykh iz drevesiny osiny razlichnymi metodami [Study of thermal decomposition of lignin samples isolated from aspen wood by various methods] / V.I. SHarypov, L.I. Grishchko, L.S. Tarasova et al. // Zhurnal Sib. feder. un-ta. Himiya. [Journal of Siberian Federal University. Chemistry]. – 2011. – Vol. 3. – № 4. – P. 221-231. [in Russian]
11. Izuchenie sostava i termicheskikh prevrashchenij etanol'ignina, vydelennogo iz drevesiny osiny [Study of the composition and thermal transformation of ethanol'ignin from aspen wood] / V.I. SHarypov, N.G. Beregovcova, S.V. Baryshnikov et al. // Zhurnal Sib. feder. un-ta. Himiya [Journal of Siberian Federal University. Chemistry]. – 2016. – V. 3, №9. – P. 296-307. [in Russian]
12. Sostav zhidkikh produktov konversii acetonlignina v sverhkriticheskom butanole v prisutstvii katalizatorov NiCu/SiO₂ [Composition of liquid acetone conversion products in supercritical butanol in the presence of NiCu/SiO₂ catalysts] / V. I. SHarypov, B. N. Kuznecov, V. A. YAKovlev et al. // Zhurnal Sib. feder. un-ta. Himiya [Journal of Siberian Federal University. Chemistry]. – 2015. – V. 8, №3. – P. 465-475. [in Russian]
13. Levanskij A.V. Izuchenie etanol'igninov pihty i osiny metodom 2D YAMR [The study of ethanol lignins of fir and aspen by 2D NMR] / A.V. Levanskij, A.A. Kondrasenko // Novye kataliticheskie processy glubokoj pererabotki uglevodorodnogo syr'ya i biomassy. Tret'ya shkola molodykh uchyonykh [New catalytic processes of deep processing of hydrocarbon raw materials and biomass. Third school of young scientists] [Electronic resource] : sbornik tezisev dokladov, 1-4 oktyabrya 2019 g., Krasnoyarsk / Institut kataliza SO RAN [collection of abstracts of reports, October 1-4, 2019, Krasnoyarsk / Institute of Catalysis of the Siberian Department of the Russian Academy of Sciences] – Novosibirsk: IK SO RAN, 2019. – P.51. – URL: <http://catalysis.ru/resources/institute/Publishing/Report/2019/cat-proc-biomass-2019.pdf>. (accessed:23.03.2022). [in Russian]
14. Izuchenie produktov barotermicheskoy obrabotki drevesiny osiny metodom 13S spektroskopii [Study of wood barothermal treatment products aspen 13C spectroscopy method] / D. V. SHiryayev, N. P. Mus'ko O. S. Beusheva et al. // Polzunovskij vestnik. – № 1. – 2013. – P.224-228. [in Russian]
15. Povedenie komponentov drevesiny osiny pri ee termokataliticheskoy aktivatsii v usloviyakh vzryvnogo avtogidroliza [Behaviour of aspen wood components during thermocatalytic activation under explosive autohydrolysis conditions] [Electronic resource] / I.V. Krotova, A.A. Efremov, S.A. Kuznecova et al. // Himiya rastitel'nogo syr'ya [Chemistry of plant raw materials]. – 1997. – V. 1, № 3. – URL: http://www2.asu.ru/science/journal/chemwood/volume1/n3/stat_2.html#wwed. (accessed:23.03.2022). [in Russian]
16. Modification of the aspen lignin structure during integrated fractionation process of autohydrolysis and formic acid delignification / Z. Shao, Y. Fu, P. Wang et al. // International Journal of Biological Macromolecules. – 2020. – Vol. 165, Iss. B. – P.1727-1737. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2020.10.026.

17. Li J. Lignin depolymerization/repolymerization and its critical role for delignification of aspen wood by steam explosion / J. Li, G. Henriksson, Göran Gellerstedt // *Bioresource Technology*. – 2007. – Vol. 98, Iss.16. – P. 3061-3068. DOI: 10.1016/j.biortech.2006.10.018.
18. Pepper J. M. The isolation and properties of lignins obtained by the acidolysis of spruce and aspen woods in dioxane-water medium / J. M. Pepper, P. E. T. Baylis, E. Adler // *Canadian Journal of Chemistry*. – 1959. – Vol. 37(8). – P. 1241-1248. DOI: 10.1139/v59-183.
19. Vyделение, изучение и применение органосол'ventnyh ligninov (obzor) [Separation, study and application of organosolent lignins (review)] / B.N. Kuznecov, YU.N. Malyar, S.A. Kuznecova et al. // *ZHurnal Sib. feder. un-ta. Himiya*. [Journal of Siberian Federal University. Chemistry]. – 2016. – V. 4, №9. – P. 454-482. [in Russian]
20. Pyrolysis of lignin extracted from prairie cordgrass, aspen, and Kraft lignin by Py-GC/MS and TGA/FTIR / M. Zhang, Fernando L.P. Resende, Alex Moutsoglou et al. // *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. – 2012. – Vol. 98. – P. 65-71, DOI: 10.1016/j.jaap.2012.05.009.
21. Termicheskaya konversiya lignina drevesiny osiny v etanole v prisutstvii ceolitnyh katalizatorov [Thermal conversion of aspen wood lignin in ethanol in the presence of zeolite catalysts] / V.I. SHarypov, N.G. Beregovcova, S.V. Baryshnikov et al. // *ZHurnal Sib. feder. un-ta. Himiya* [Journal of Siberian Federal University. Chemistry]. – 2013. – V. 3, №6. – P. 241-250. [in Russian]
22. Konversiya lignina v srede sverhkriticheskogo etanola v prisutstvii tverdyh kislotnyh katalizatorov [Conversion of lignin to supercritical ethanol in the presence of solid acid catalysts] / B. N. Kuznecov, V. I. SHarypov, N. V. CHesnokov et al. // *Kinetika i kataliz* [Kinetics and catalysis]. – 2015. – V. 56, № 4. – P. 436-444. [in Russian]
23. Kuznetsov B. N. Catalytic hydrogenolysis of native and organosolv lignins of aspen wood to liquid products in supercritical ethanol medium / B.N. Kuznetsov, V.I. Sharypov, S.V. Baryshnikov // *Catalysis Today*. – 2021. – Vol. 379. – P. 114-123. DOI: 10.1016/j.cattod.2020.05.048. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.118.4.103>**РАЗРАБОТКА ОКИСЛИТЕЛЯ И УСЛОВИЙ ПРОВЕДЕНИЯ РЕАКЦИИ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО И ВОСПРОИЗВОДИМОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОФЕИНА МЕТОДОМ МУРЕКСИДНОЙ ПРОБЫ**

Научная статья

Бидоленко В.В.¹, Попов А.С.², Иванова И.С.^{3,*}, Чухно А.С.⁴² ORCID: 0000-0002-9692-0009;³ ORCID: 0000-0001-7880-9756;^{1, 2, 3, 4} Северо-Западный государственный медицинский университет им. И. И. Мечникова, Санкт-Петербург, Россия

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

Аннотация

Контроль содержания N-метил производных мочевой кислоты в качестве активных веществ или сопутствующих субстанций необходим для более, чем 150 препаратов, включенных в Государственный реестр лекарственных средств. Мурексидная проба является достоверным способом идентификации кофеина и других производных пурина, она используется как основа в ряде физико-химических инструментальных методов. В работе разработаны оптимальный состав окислителя и условия проведения мурексидной пробы для простой, двухстадийной методики качественного определения кофеина и других производных пурина как в чистом виде, так и в лекарственных препаратах. Это позволило добиться воспроизводимости и достоверности результатов реакции. В ходе экспериментальных исследований было показано, что несоответствие окраски продуктов реакции заявленным методикам связано с образованием тетраметилаллоксантина. Проанализированы преимущества разработанной методики по сравнению с литературными данными.

Ключевые слова: мурексидная проба, пурпурат аммония, тетраметилаллоксантин, диметилдиалуровая кислота, кофеин, пурины.

DEVELOPMENT OF AN OXIDIZER AND REACTION CONDITIONS FOR A STABLE AND REPRODUCIBLE DETERMINATION OF CAFFEINE VIA THE MUREXIDE TEST

Research article

Bidolenko V.V.¹, Popov A.S.², Ivanova I.S.^{3,*}, Chukhno A.S.⁴² ORCID: 0000-0002-9692-0009;³ ORCID: 0000-0001-7880-9756;^{1, 2, 3, 4} Mechnikov North-West State Medical University, Saint Petersburg, Russia

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

Abstract

Control of the content of N-methyl derivatives of uric acid as active substances or concomitant substances is necessary for more than 150 drugs included in the State Register of Medicines. The murexide test is a reliable way to identify caffeine and other purine derivatives, it is used as a basis in a number of physico-chemical instrumental methods. The study develops the optimal composition of the oxidizer and the conditions for conducting a murexide test for a simple, two-stage method for the qualitative determination of caffeine and other purine derivatives both in pure form and in medicinal preparations. This makes it possible to achieve reproducibility and reliability of the reaction results. The experimental studies show that the discrepancy in the color of the reaction products with the claimed methods is associated with the formation of tetramethylalloxanthine. The authors analyze the advantages of the developed methodology in comparison with the literature data.

Keywords: murexide test, ammonium purpurate, tetramethylalloxanthine, dimethyldialuric acid, caffeine, purines.

Введение

Алкалоиды пуринового ряда получили широкое распространение в медицинской практике: на сегодняшний день реестр лекарственных средств насчитывает более 150 препаратов [1], содержащих в качестве активного вещества N-метил производные мочевой кислоты. Препараты теofilлина относятся к классу бронхолитических препаратов, использующихся при терапии респираторных заболеваний, при этом оказывая лечебный эффект при концентрации в сыворотке крови 10-20 мкг/мл, а при содержании свыше 20 мкг/мл оказывает токсическое действие [2, С. 368]. Теобромин, больше всего содержащийся в какао-бобах, подобно теofilлину, применяется при бронхолёгочных заболеваниях. В последнее время он нашёл применение как вспомогательный компонент зубных паст, выступающий в качестве стимулятора образования гидроксиапатитов, обеспечивая реминерализацию эмали и предупреждая развитие кариозных повреждений. Кофеин, главным образом, содержится в чайных листьях и зёрнах кофе. Обнаружение кофеина в пищевых продуктах может служить достоверным показателем их качества и безопасности. Кофеин в малых дозах обладает выраженными психостимулирующими и analeptическими свойствами, что позволяет его использовать не только для лечения заболеваний, сопровождающихся угнетением функций ЦНС и сердечно-сосудистой системы [3], [4], [5, С. 344]. Вместе с тем, препарат широко используют в качестве основного тонизирующего компонента газированных и энергетических напитков [6]. Необходимость контроля содержания кофеина как в растительном сырье, так и в продуктах питания обусловлена тем, что границы диапазонов лечебной и токсической концентрации препарата кофеина (и кофеин-бензоата натрия) близки. В Российской Федерации правовое регулирование этого вопроса основано на законодательных и нормативных документах [7].

Мурексидная проба является традиционным и достоверным способом идентификации кофеина параллельно с реакцией осаждения с общими алкалоидными реактивами. В соответствии с литературными данными, мурексидная проба является групповой реакцией на алкалоиды пуринового ряда [8]. Метод мурексидной пробы состоит в экстракции

кофеина хлороформом из анализируемого образца, окислительно-гидролитическим разложением ксантинов до пиримидиновых производных с их последующей конденсацией до пурпуровой кислоты (см. рисунок 1).

Тетраметилпурпуровая кислота дает специфическое пурпурное окрашивание в присутствии аммиака или солей аммония. Возникновение характерной пурпурной окраски для тетраметилпурпуровой кислоты объясняется кетонольной таутомерией, которая обуславливается единой р-π сопряженной системой гетероцикла [9, С. 508]. Сравнительный анализ литературных источников [4], [8], [10] приводит к определенному противоречию в описании цвета итогового продукта: оранжевый или краснокирпичный осадок выдается за характерный цвет мурексиды.

Современные физико-химические методы определения кофеина также основаны на этой реакции, так спектрофотометрическое определение на длине волны 272 нм включено в Государственную фармакопею РФ [11].

Целью настоящего исследования является выяснение причин указанного противоречия и совершенствование методики проведения мурексидной пробы для различных метилксантинов посредством подбора оптимальных условий реакции, реактивов, состава и концентраций окислительной смеси.

Материалы и методы

В настоящей работе установлено, что противоречие в результатах заявленных методик [4], [8], [10], вероятнее всего, связано с неправильным подбором окислительного реагента для метильных производных ксантинов, в частности кофеина. Поэтому для постановки воспроизводимого экспериментального результата была выбрана относительно мягкая окислительная смесь – 30% пероксид водорода (ГОСТ 177-88, медицинская марка «А», ООО «МДМ Хим») и соляная кислота с концентрацией 25% (ГОСТ 3118-77, чда himreactiv.ru). При выборе окислителя пришлось отказаться от жестких реагентов – концентрированной азотной кислоты или хромовой смеси, использующихся в классической мурексидной пробе, для мочевой кислоты [4], так как наличие метильных радикалов в молекуле кофеина приводит к более глубокому окислению и изменению состава смеси продуктов реакции.

В выпаривательную чашу помещают 0,01 г кофеина, прибавляют 0,5 мл 30% пероксида водорода, 4-5 капель 25% концентрированной соляной кислоты и выпаривают досуха на спиртовке. К полученному сухому остатку по каплям добавляют избыток раствора 25% аммиака (ГОСТ 3760-79, чда, ОАО «Сигма Тек»). Установлено, что нагревание и выпаривание следует проводить медленно, в несколько этапов, не допуская пригорания реакционной смеси. Развивается насыщенное фиолетово-пурпурное окрашивание (см. рисунок 2, 3 и 4).

Важным представляется вопрос экстракции кофеина для дальнейшего определения. В исследовании кофеин-содержащие химикаты и смеси предварительно обрабатывались 25% водным аммиаком в течение 30 минут, это необходимо для освобождения кофеина из конъюгатов и перевода его в раствор. Для проведения собственно экстракции из раствора испытаны два органических растворителя: хлороформ (ТУ 2631-066-44493179-01, чда, АО «Экос-1») и диэтиловый эфир (ТУ 2600-001-43852015-10, чда, ОАО «Медхимпром»). Найдено, что использование диэтилового эфира приводит к неоднозначным результатам и некоторой потере кофеина в экстракте. Это связано с тем, что экстракция кофеина диэтиловым эфиром не может количественно пройти после применения водного аммиака, необходимо закисление раствора. В случае чистого хлороформа такой проблемы не обнаружено, экстракция происходит количественно и быстро.

Предлагаемая усовершенствованная методика проверена на фармацевтическом препарате кофеина, который содержит кофеин-бензоат натрия. В этом случае предварительно препарат растворялся в хлороформе, это приводит к экстракции самого кофеина и отделению бензоата. После фильтрования и отделения бензоата натрия, кофеин выделялся при выпаривании хлороформа и затем перекристаллизовывался в этаноле. Разработанная методика мурексидной пробы апробирована на нескольких лекарственных средствах, имеющих государственную регистрацию: Кофеин-бензоат натрия р-р для подкожного введения, 200мг/мл ампулы по 1мл №10, ОАО «Борисовский завод медицинских препаратов» Республика Беларусь; Кофеин-бензоат натрия таблетированный, 100мг №10 «Татхимфармпрепараты» и Кофеин-бензоат натрия таблетированный 100мг №6 «Татхимфармпрепараты». Во всех трех случаях характерное пурпурное окрашивание хорошо воспроизводилось.

Полученные результаты

Нагревание в присутствии пероксида водорода приводит к расщеплению имидазольного ядра кофеина до мочевины и последующему окислению пиримидинового кольца до диметилаллоксана и диметилдиалуровой кислоты. Соляная кислота выступает в роли кислотного катализатора на стадии конденсации: протонирование кислорода диметилаллоксана приводит к делокализации положительного заряда, стабилизированного двумя резонансными структурами, это облегчает нуклеофильную атаку гидроксильной группы диметилдиалуровой кислоты и приводит к образованию тетраметилаллоксантина (амалиновой кислоте), раствор которой имеет характерную насыщенную желто-лимонную окраску (см. рисунок 2).

Способность молекулы к делокализации отрицательного заряда объясняет возможность солеобразование с одновалентными катионами, в результате чего при действии избытка аммиака происходит образование пурпурата аммония (см. рисунок 5). При этом наблюдается переход от пурпурной окраски к ярко-красной, которая со временем блекнет, а в растворе происходит выпадение осадка краснокирпичного цвета с зеленым блеском – нерастворимые в воде кристаллы мурексиды (см. рисунок 6).

Выводы

Установлено, что использование для мурексидной пробы в качестве окислителя смеси 30% перекиси водорода и 25% соляной кислоты для определения производных пурина позволило получить воспроизводимое и устойчивое окрашивание.

Предлагаемая методика качественного определения кофеина обладает высокой чувствительностью, хорошей селективностью и апробирована при анализе нескольких готовых лекарственных форм.

Экспериментально обосновано, что отличие цвета продуктов реакции (кирпично-красного или оранжевого) от характерного пурпурного окрашивания связано с более глубоким окислением неконденсированных диметилдиалуровой кислоты и диметилаллоксана.

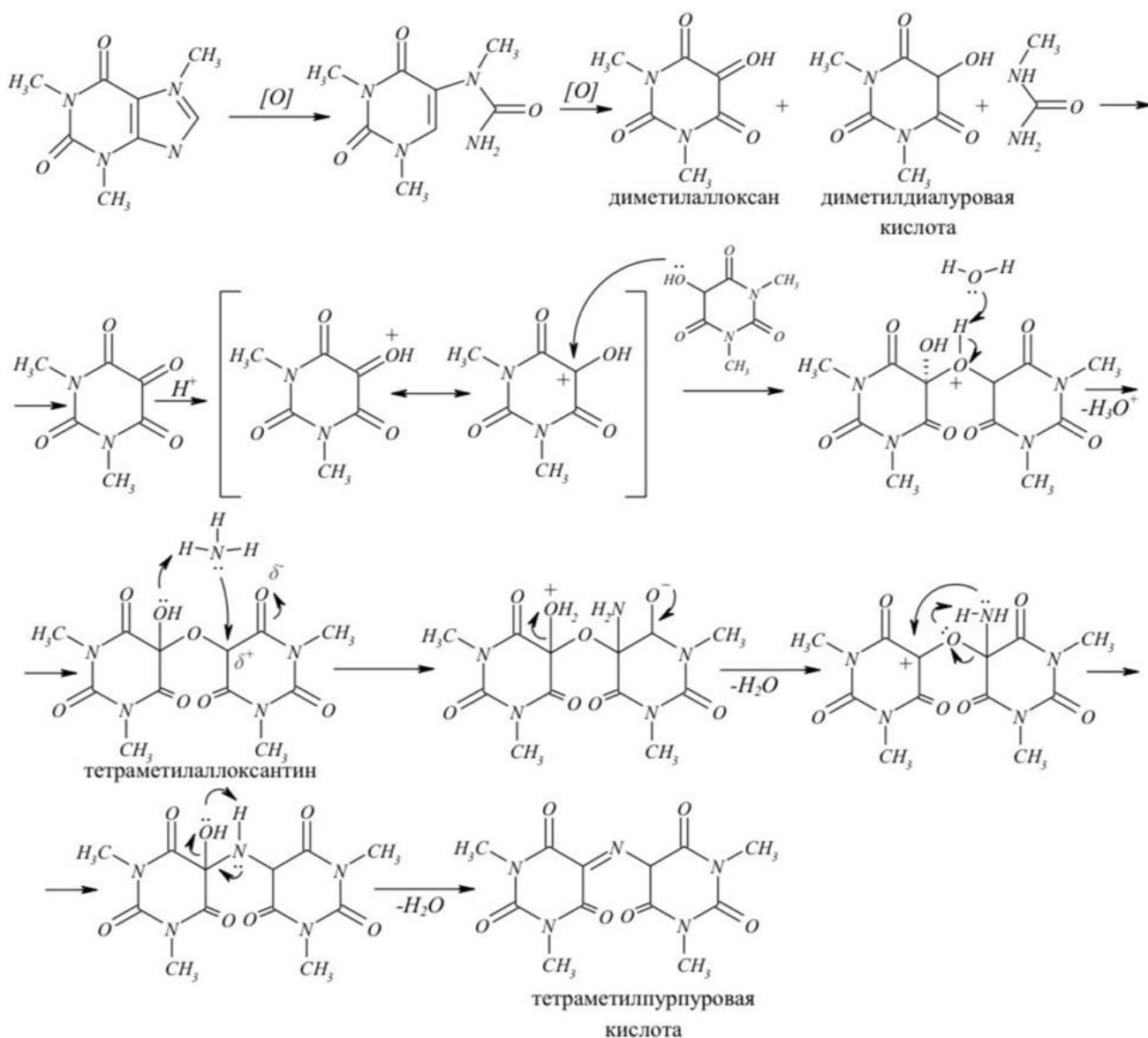


Рис. 1 – Образование тетраметилпурпуровой кислоты



Рис. 2 – Тетраметилаллоксантин



Рис. 3 – Начало образования тетраметилпурпуровой кислоты и появление характерного пурпурного окрашивания после добавления водного аммиака



Рис. 4 – Тетраметилпурпуровая кислота через несколько минут после появления окраски

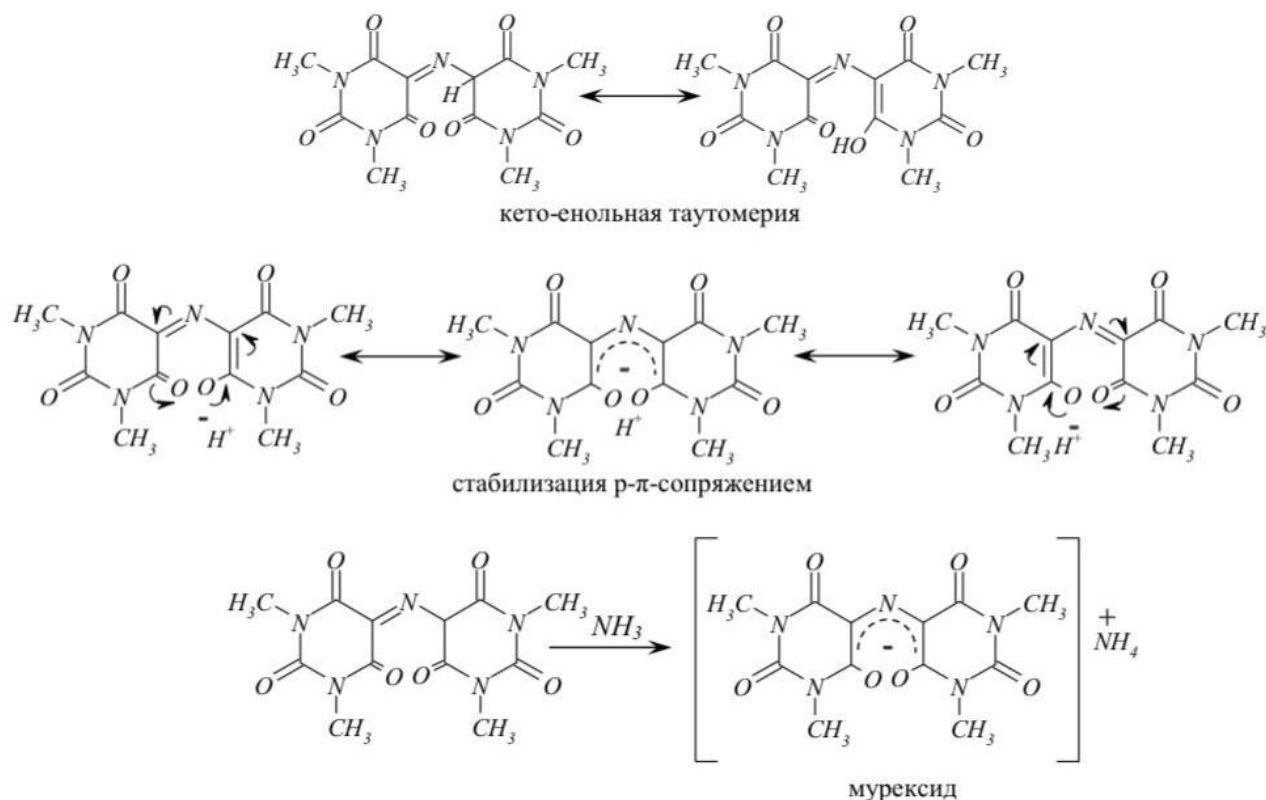


Рис. 5 – Образование мурексида



Рис. 6 – Выпадение кристаллов тетраметилпурпурата аммония

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Государственный реестр лекарственных средств [Электронный ресурс]. – URL: [http:// grls.rosminzdrav.ru](http://grls.rosminzdrav.ru) (дата обращения: 23.03.2022).
2. Фармакология с рецептурой: учебник для медицинских и фармацевтических учреждений среднего профессионально образования/под ред. В.М. Виноградова – 7-е изд. и доп. – Санкт-Петербург: СпецЛит, 2019. – 647 с.
3. Пожарский А. Ф. Гетероциклические соединения в биологии и медицине. / А. Ф. Пожарский // Соросовский образовательный журнал. – 1996 – № 6 – с. 25-32.
4. Органическая химии: учеб. для вузов: в 2 кн. Кн. 2: Спец.курс. / Под ред. Н.А. Тюкавкиной. – М.: Дрофа, 2008. – 592 с.
5. Биохимическая фармакология: Учебное пособие / под ред. П. В. Сергеева, Н. Л. Шимановского. – М.:ООО «Медицинское информационное агентство», 2010. – 624 с.

6. СанПиН 2.4.5.2409–08 «Санитарно-эпидемиологические требования к организации питания обучающихся в общеобразовательных учреждениях, учреждениях начального и среднего профессионального образования».
7. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции».
8. Джоуль Дж. Химия гетероциклических соединений. 2-е перераб. изд. / Дж. Джоуль, К. Милле // Пер. с англ. Ф.В. Зайцевой, А.В. Карчава. – М.: Мир, 2004. – 728 с.
9. Фармацевтическая химия: учебная литература для студентов фармацевтических вузов и факультетов / под ред. А.П. Арзамасцева. – М.: ГАОТАР-МЕД, 2004. – 662 с.
10. Джилкрист Т. Химия гетероциклических соединений – М.: Мир, 1996. – 464 с.
11. Государственная фармакопея Российской Федерации. — Изд. 14-е. Том 2. — М.: Научный центр экспертизы средств медицинского применения, 2018. – 601 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Gosudarstvennyj reestr lekarstvennyh sredstv [State Register of Medicines] [Electronic resource]. – URL:<http://grls.rosminzdrav.ru> (accessed:23.03.2022). [in Russian].
2. Farmakologiya s recepturoj: uchebnik dlya medicinskih i farmacevticheskikh uchrezhdenij srednego professional'nogo obrazovaniya [Pharmacology with a recipe: textbook for medical and pharmaceutical institutions of secondary vocational education] / V.M. Vinogradova – 7-th edition. – Sankt-Peterburg: SpecLit, 2019. – 647 p. [in Russian]
3. Pozharskij A. F. Geterociklicheskie soedineniya v biologii i medicine. [Heterocyclic compounds in biology and medicine]. / A. F. Pozharskij // Sorosovskij obrazovatel'nyj zhurnal [Soros Educational Journal]. – 1996 -№ 6 – P. 25-32. [in Russian]
4. Organicheskaya himii: ucheb. dlya vuzov : Spec.kurs. [Organic chemistry: textbook for universities: in 2 books. Book 2.] / N. A. Tyukavkina. –М.: Drofa, 2008. – 592p. [in Russian]
5. Biohimicheskaya farmakologiya: Uchebnoe posobie [Biochemical Pharmacology: A textbook] / P.V. Sergeeva, N.L. SHimanovskogo. – М.: ООО «Medicinskoe informacionnoe agentstvo», 2010. – 624 p. [in Russian]
6. СанПиН 2.4.5.2409–08 «Санитарно-эпидемиологические требования к организации питания обучающихся в общеобразовательных учреждениях, учреждениях начального и среднего профессионального образования»[SanPiN 2.4.5.2409-08 "Sanitary and epidemiological requirements for catering of students in general education institutions, institutions of primary and secondary vocational education"] [in Russian].
7. Tekhnicheskij reglament Tamozhennogo soyuza TR TS 021/2011 «O bezopasnosti pishchevoj produkcii».[Technical Regulations of the Customs Union TR CU 021/2011 "On food safety"] [in Russian]
8. Dzhoul' Dzh. Himiya geterociklicheskih soedinenij [Chemistry of heterocyclic compounds. 2nd edition // Translated from the English by F.V. Zaitseva, A.V. Karchava. – М.: Мир, 2004. – 728 p. [in Russian]
9. Farmaceuticheskaya himiya: uchebnaya literatura dlya studentov farmacevticheskikh vuzov i fakul'tetov [Pharmaceutical chemistry: educational literature for students of pharmaceutical universities and faculties] / A.P. Arzamascev. – М.: ГАОТАР-МЕД, 2004. – 662 p. [in Russian]
10. Dzhilkrist T. Himiya geterociklicheskih soedinenij [Chemistry of heterocyclic compounds] – М.: Мир, 1996. – 464 p. [in Russian]
11. Gosudarstvennaya farmakopeya Rossijskoj Federacii. [State Pharmacopoeia of the Russian Federation]. —14-th edition. Vol 2. — М.: Nauchnyj centr ekspertizy sredstv medicinskogo primeneniya [Scientific Center for the Examination of medical products], 2018. – 601 p. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.118.4.104>**СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ЦЕРЕБРОПРОТЕКТОРНОЙ АКТИВНОСТИ ШЛЕМНИКА МНОГОЗУБОГО И МАНЖЕТКИ ТРИНАДЦАТИЛОПАСТНОЙ НА ЛАБОРАТОРНЫХ ЖИВОТНЫХ ПРИ ИШЕМИИ МОЗГА**

Научная статья

Арльт А.В.*

ORCID: 0000-0001-5721-0613,

Пятигорский медико-фармацевтический институт, Пятигорск, Россия

* Корреспондирующий автор (prk[at]pmedpharm.ru)

Аннотация

В результате неврологических когнитивных дисфункций как следствие происходят деструктивные изменения биохимических показателей в различных отделах головного мозга. В основе сдвига биохимических этапов мозга возможно присутствие следующих звеньев патогенеза: эксайтотоксичности, окислительно-воспалительного каскада, недостатка пластичности нейронов. Благодаря этому, в результате разнообразных причинно-следственных механизмов – естественного изнашивания, бактериально-вирусных повреждений мозга (а именно, менингит, Covid-19), черепно-мозговые травмы, необходима обязательная восстановительная терапия средствами, обладающими нейропротективными эффектами. Ведется активный поиск веществ синтетического и природного происхождения, которые могли бы замедлять процессы развития патологии, балансировать несвоевременную утрату функционирования нейронов, и усилить объективную возможность успешного исхода течения патологии. Задачей настоящего анализа является проведение сравнительной оценки церебропротекторной активности водного экстракта из травы шлемника многозубого (*scutellaria polyodon juz.*) и водного экстракта, полученного из надземной части манжетки тринадцатилепестной (*alchemilla tredecimloba buser*) при экспериментальном моделировании ишемии головного мозга у крыс. Нейрокогнитивные эффекты водных экстрактов из травы шлемника многозубого и водного экстракта из надземной части манжетки тринадцатилепестной изучали в дозах 50 и 100 мг/кг массы животного (профилактическое однократное введение, в течение 7 дней). Полученные результаты показали, что профилактическое введение изучаемых водных экстрактов после ишемии мозга продемонстрировало статистически явные отличия относительно серии экспериментов с контролем. Так, под воздействием водного экстракта шлемника многозубого в дозе 100 мг/кг отмечали снижение фазы гиперперфузии и нивелирование фазы гипоперфузии в постинфарктном периоде относительно контрольной серии.

Ключевые слова: эксперимент, лабораторные животные, экстракты, шлемник многозубый, манжетка тринадцатилепестная, мозговой кровоток, артериальное давление, ишемия.

A COMPARATIVE STUDY OF THE CEREBROPROTECTIVE ACTIVITY OF SCUTELLARIA POLYODON JUZ. AND ALCHEMILLA TREDECIMLOBA BUSER ON LABORATORY ANIMALS WITH BRAIN ISCHEMIA

Research article

Arlt A.V. *

ORCID: 0000-0001-5721-0613,

Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute, Pyatigorsk, Russia

* Corresponding author (prk[at]pmedpharm.ru)

Abstract

As a result of neurological cognitive dysfunctions, as a consequence, destructive changes in biochemical parameters occur in various parts of the brain. The shift of the biochemical stages of the brain may be based on the presence of the following pathogenesis links: excitotoxicity, oxidative-inflammatory cascade, lack of neuron plasticity. Due to this, as a result of various causal mechanisms, such as natural wear and tear, bacterial and viral brain damage (namely, meningitis, Covid-19), traumatic brain injuries, mandatory restorative therapy with neuroprotective effects is necessary. Currently, there is an active search for substances of synthetic and natural origin that could slow down the development of pathology, balance the untimely loss of neuronal functioning, and strengthen the objective possibility of a successful outcome of the pathology. The aim of this analysis is to conduct a comparative assessment of the cerebroprotective activity of an aqueous extract from the grass of the SCUTELLARIA POLYODON JUZ. and an aqueous extract obtained from the aboveground part of alchemilla tredecimloba buser during experimental modeling of cerebral ischemia in rats. The neurocognitive effects of aqueous extracts from the grass of the above-mentioned plants were studied at doses of 50 and 100 mg/kg of animal weight (prophylactic single administration in the course of 7 days). The results obtained demonstrate that the prophylactic administration of the studied aqueous extracts after cerebral ischemia shows statistically clear differences relative to the control series of experiments. For example, under the influence of an aqueous extract of Scutellaria Polyodon Juz at a dose of 100 mg/kg, the study notes a decrease in the hyperperfusion phase and leveling of the hypoperfusion phase in the post-ischemic period relative to the control series of studies.

Keywords: experiment, laboratory animals, extracts, scutellaria polyodon juz., alchemilla tredecimloba buser, cerebral blood flow, arterial pressure, ischemia.

Введение

Шлемник многозубый [*Scutellaria polyodon Juz.*] содержит в основе флавоноиды: байкалин, скутелларин. Данный растительный объект по данным литературы имеет отличительные особенности, обладая общеукрепляющим,

кардиотоническим, антисклеротическим, антигистаминными свойствами, оказывает желчегонный, незначительный слабительный, диуретический, отхаркивающий результат, обладает противовоспалительным эффектом. Экстракт манжетки тринадцатилепестной (*Alchemilla tridecimlobabuser*) содержит комплекс фенольных соединений, эфирного масла, аминокислот и минеральных веществ [1], [2], [9], [10]. Выявлена достаточно эффективная активность экстрактов из манжетки обыкновенной в отношении капилляростойчивости и адаптации процессов микроциркуляторного русла при экспериментальной модели инфаркта миокарда [3], [7]. Таким образом, на основании литературных данных и проведенных исследований препараты на основе флавоноидов манжетки обыкновенной имеют возможность быть использованными для совокупной терапии заболеваний, сочетавшихся феноменом повышенной вязкости крови, (атеросклерозе, ишемическом инсульте, инфаркте миокарда, гипертонической болезни).

Цель исследования

Сравнительное изучение влияния водного экстракта из травы шлемника многозубого и водного экстракта из манжетки тринадцатилепестной на изменение параметров объемной скорости мозгового кровотока и изменение значений артериального давления в условиях ишемии головного мозга в эксперименте у лабораторных крыс.

Материалы и методы исследования

Для измерения параметров объемной скорости церебрального кровотока (ОСМК) при изучении церебропротекторной активности использовали технологию водородного клиренса и прямой способ измерения артериального давления (АД) на наркотизированных крысах (хлоралгидрат, 300 мг/кг массы животного). Ишемию мозга вызывали путем перевязки сонных артерий. Вдоль трахеи раздвигали мышцы и выделяли сонные артерии. Отпрепарированные сонные артерии после перевязки обрабатывали этиловым спиртом (70%). В эксперименте участвовали 40 взрослых крыс-самцов серии Wistar массой 200-220 г. С лабораторными животными работали в соответствии с действующими «Правилами проведения работ с использованием экспериментальных животных» и «Международными рекомендациями по проведению медико-биологических исследований с использованием животных». Все манипуляции с экспериментальными животными проводились согласно стандарту Российской Федерации ГОСТ Р-53434-2009 «Принципы надлежащей лабораторной практики». Перед началом эксперимента у изучаемых объектов по методике Кёрбера исследовали токсикологические свойства. Выбор доз определен исходя из определения острой токсичности от LD50. LD50 исследуемых извлечений больше 3100 мг/кг, что по параметрам токсикометрии [4] относится к VI классу – относительно безвредные вещества. Определение острой токсичности сухого экстракта манжетки тринадцатилепестной проводили по методу Кёрбера [8]. Белым мышам массой 18-20 г внутрь через зонд вводили по 0,5 мл суспензии экстракта.

С подъёмом вводимой дозы повышался объём суспензии, что сочеталось дробным введением исследуемого экстракта через 3 часа в возможном объёме. При измерении острой токсичности опытные животные не погибли при введении в желудок (путем принудительного зондирования) 5000 мг/кг суммарного экстракта манжетки.

Проведен в течение четырёх недель мониторинг за: двигательной активностью, присутствием судорог, согласованности движений, реакции на факторы раздражения, активностью скелетной мускулатуры, дыханием, положением кожного покрова, шерсти и окраски заметных слизистых оболочек, использованием воды и пищи, массой тела не выявили значимых отклонений по сравнению с контрольным классом животных.

Далее, для изучения церебропротекторной фармакологической активности нами определены дозы исследуемых объектов 50 и 100 мг/кг (1/100 и 1/50 от LD50 от максимальной дозы при определении острой токсичности). Контрольной группе животных вводили воду очищенную, в соответствующих объемах.

Проведено 5 серий экспериментов с использованием по 8 крыс в каждой группе. Вторая группа животных получала экстракт из травы шлемника многозубого, предварительно растворенный в дистиллированной воде, в дозе 50 мг/кг (1 мл, в/б). Третья группа лабораторных крыс получала экстракт из травы шлемника многозубого, предварительно разведенный в дистиллированной воде, в дозе 100 мг/кг (1 мл, в/б).

Четвертой группе животных вводили экстракт манжетки тринадцатилепестной в приёме 50 мг/кг (1 мл, в/б), пятой группе животных вводили водный экстракт манжетки тринадцатилепестной в дозе 100 мг/кг, (1 мл, в/б). Все водные экстракты животным вводились профилактически на протяжении 7 дней однократно, по 1 мл, в/б. Составленные в результате экспериментов показания исследовали статистически с применением пакета прикладной программы STATISTICA 6.0. (StatSoft, USA) для операционной системы WINDOWS.

Результаты в таблицах показаны в виде средних величин с доверительной дистанцией (M+m) или среднеквадратичным отклонением. Использовали параметрические методы с применением t-критерия Стьюдента. Статистические различия в ряду групп не превышали $p < 0,05$.

Результаты исследования

Результаты проведенных нами исследований по токсичности исследуемых растительных водных экстрактов из шлемника многозубого и манжетки тринадцатилепестной свидетельствуют о том, что согласно табуляции классов токсичности [4] исследуемые вещества относятся к VI классу токсичности – относительно безвредные вещества. При исследовании церебропротекторной активности выявили следующие показатели. В контрольных опытах, исходные значения ОСМК и АД, были соответственно равны: $123,6 \pm 5,7$ мл/100г/мин, $121,6 \pm 3,9$ мм рт. ст.

В контроле в постшемическом периоде наблюдали снижение АД до 26,4% на 60 минуте эксперимента, что приводило к достоверному уменьшению объемной скорости мозгового кровотока к концу наблюдения в сравнении с исходом.

Ярко выражены в контрольных опытах фаза гиперперфузии (на 5-15 мин), увеличение скорости кровотока, и фаза гипоперфузии – резкое снижение скорости мозгового кровотока к 60 мин экспериментов падение до (-46,4%) [5], [6].

Таблица 1 – Влияние водного экстракта шлемника многозубого на изменение объёмной скорости мозгового кровотока в постишемическом периоде (50 и 100 мг/кг, в/б) n=8

Время после введения	Контроль ОСМК мл/100г/мин	Водный экстракт шлемника многозубого 50 мг/кг	Водный экстракт шлемника многозубого 100 мг/кг
Исход	123,6±5,7	115,4±5,3	104,2±6,1
5 мин после ишемии	+23,4 ± 3,1*	+19,7±4,8*	+8,7±4,1#
15 мин	+5,2 ± 2,7	-14,4±2,6*#	+10,3±2,1*
30 мин	-16,3 ± 3,1*	-10,3±7,2	+2,8±4,4#
45 мин	-24,6 ± 3,4*	-17,6±4,5	-5,4±2,3#
60 мин	-46,4 ± 2,8*	-24,3±5,2	-15,0±4,4*#

Примечание: * - достоверно относительно исходных данных; # - достоверно относительно контрольных опытов

Таблица 2 – Влияние водного экстракта манжетки тринадцатиллопастной на изменение объёмной скорости мозгового кровотока в постишемическом периоде (50 и 100 мг/кг, в/б) n=8

Время после введения	Контроль ОСМК мл/100г/мин	Водный экстракт манжетки тринадцатиллопастной 50 мг/кг	Водный экстракт манжетки тринадцатиллопастной 100 мг/кг
Исход	123,6±5,7	125,7±3,8	97,7±5,2
5 мин после ишемии	+23,4 ± 3,1*	+21,7±5,9*	+8,7±4,1\$
15 мин	+5,2 ± 2,7	-5,4±4,5	+2,3±6,1*
30 мин	-16,3 ± 3,1*	-17,7±5,7*	-1,8±4,4
45 мин	-24,6 ± 3,4*	-23,6±6,4*	-5,6±4,3#
60 мин	-46,4 ± 2,8*	-39,3±7,8*	-11,3±4,7*#

Примечание: * - достоверно относительно исходных данных; # - достоверно относительно контрольных опытов

Результаты показывают, что относительно исходных и контрольных значений водный экстракт из шлемника многозубого в дозе 50 мг/кг достоверно снижал объёмную скорость мозгового кровотока с 15 по 120 мин эксперимента в среднем на 15-24%. После ишемии мозга через 5 мин ярко проявилась фаза гиперперфузии (увеличение объёмной скорости мозгового кровотока (+19,7±4,8*)).

При введении водного экстракта шлемника многозубого в дозе 100 мг/кг с 5-й мин эксперимента показало снижение уровня объёмной скорости мозгового кровотока (уменьшение фазы гиперперфузии), которое сохранялось на протяжении всего эксперимента (60 мин), однако падение объёмной скорости кровотока было плавным, и не таким значимым как в контрольной группе животных, что говорит о нивелировании фазы гипоперфузии в постишемическом периоде.

Таблица 3 – Влияние водного экстракта шлемника многозубого на изменение артериального давления в постишемическом периоде (50 мг/кг, в/б) n=8

Время после введения	Контроль АД мм рт.ст	Водный экстракт манжетки тринадцатипастной 50 мг/кг	Водный экстракт манжетки тринадцатипастной 100 мг/кг
Исход	121,6±3,9	113,4±3,8	109,3±7,5
5 мин после ишемии	-10,4 ± 4,8*	-21,7±5,9*	-8,7±4,1
15 мин	-15,2 ± 3,2	-5,4±4,5*	-2,3±6,1#
30 мин	-16,4 ± 5,6*	-11,7±5,7*	-1,8±4,4#
45 мин	-24,6 ± 4,7*	-19,6±6,4*	-5,6±4,3#
60 мин	-26,4 ± 2,5*	-22,3±7,8*	-10,3±4,7#

Примечание: * - достоверно относительно исходных данных; # - достоверно относительно контрольных опытов

В контрольной серии опытов наблюдали снижение артериального давления в постишемическом периоде на протяжении 60 минут до 26,4%. В дозе 50 мг/кг, при профилактическом введении водный экстракт шлемника многозубого также имел тенденцию к снижению артериального давления примерно сходную с контрольной серией опытов. Достоверные значения наблюдались к исходным значениям. Приведенные результаты показывают, что исходные значения артериального давления на фоне водного экстракта манжетки тринадцатипастной в дозах 50 и 100 мг/кг практически незначимо отличались от значений контрольной серии опытов. Однако под влиянием ишемии мозга уже через 5 мин в дозе 50 мг/кг наблюдали снижение уровня артериального давления на 21,7% снижение практически наблюдали до финала эксперимента. В дозе 100 мг/кг снижение артериального давления было намного меньше относительно исхода и ниже относительно контрольной серии опытов (снижение до -10,3%. Достоверно относительно контрольной серии).

Таблица 4 – Влияние водного экстракта манжетки тринадцатипастной на изменение артериального давления в постишемическом периоде (50 и 100 мг/кг, в/б) n=8

	Контроль АД мм рт.ст	Водный экстракт шлемника многозубого 50 мг/кг	Водный экстракт шлемника многозубого 100 мг/кг
Исход	121,6±3,9	110,4±7,4	109,6±3,7
5 мин после ишемии	-10,4 ± 4,8*	-19,7±4,8*	-8,7±4,1#
15 мин	-15,2 ± 3,5	-24,4±2,6*	-10,3±2,1
30 мин	-16,4 ± 5,6*	-28,3±7,2*	-12,4±6,3
45 мин	-24,6 ± 4,7*	-27,6±4,5*	-25,4±6,1*
60 мин	-26,4 ± 2,5*	-34,3±5,2*	-29,0±5,7*

Примечание: * - достоверно относительно исходных данных; # - достоверно относительно контрольных опытов

При введении манжетки тринадцатипастной в дозах 50 и 100 мг/кг значимых изменений по сравнению с контрольной серией опытов практически не наблюдали, изменения были относительно исходных фоновых значений (снижение уровня артериального давления на 34,3% и 29,0 % соответственно).

Заключение

Как видно из таблиц, под влиянием водного экстракта шлемника многозубого при 7-дневном профилактическом введении в дозе 100 мг/кг отмечали достоверное снижение фазы гиперперфузии и нивелирование фазы гипоперфузии

в постишемическом периоде относительно контрольной серии опытов. Также наблюдалось уменьшение снижения артериального давления в постишемическом периоде.

Можно предположить, что водный экстракт из шлемника многозубого в дозе 100 мг/кг в постишемическом периоде обладает церебропротекторным влиянием.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Бабаян М.С. Аминокислотный и минеральный составы травы *Alchemilla tredecimloba* / Бабаян М.С., Челомбитко В.А. // Химия природ. соединений. – 2007. – № 2. – С. 198–199.
2. Бабаян М. С. Сравнительный аминокислотный состав травы манжетки тринадцатилепестной (*alchemillatredecimlobabuser*) и травы манжетки твердой (*alchemilladurabuser*.) / М. С. Бабаян, Д. А. Коновалов // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 4.
3. Вайс Р.Ф. Фитотерапия: руководство / пер. с нем.; Р.Ф. Вайс, Ф. Финтельманн. – М.: Медицина. – 2004. – 552 с.
4. Измеров Н.Ф. Параметры токсикометрии промышленных ядов при однократном воздействии: Справочник. / Н. Ф. Измеров, И. В. Саноцкий, К. К. Сидоров. – М., 1977.
5. Биологическая активность соединений, полученных синтетическим путем / М.Н. Ивашев и др. // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 7. – Ч. 2. – С. 441–444.
6. Влияние бутанольной фракции из листьев форзиции промежуточной на мозговое кровообращение / А.В. Арльт, В.С. Давыдов, М.Н. Ивашев, Г.В. Масликова // Кубанский научный медицинский вестник. – 2011. – № 5. – С. 10–12.
7. Тутельян В.А. Биологически активные вещества растительного происхождения. Флавонолы и флавоны: распространенность, пищевые источники, потребление / В. А. Тутельян, Н. В. Лашнева // Вopr. питания. – 2013. – Т. 82, – № 1. – С. 4–22.
8. Руководство по проведению доклинических исследований лекарственных средств / А. Н. Миронов, Н. Д. Бунатян и др. – 2012. – 944 с.
9. Flavonoid intake and cardiovascular disease mortality in a prospective cohort of US adults / McCullough M.L., Peterson J.J., Patel R. et al // Am. J. Clin. Nutr. – 2012. – Vol. 95. – Pp. 454–464.
10. Зверев Я.Ф. Флавоноиды как перспективные природные антиоксиданты / Зверев Я.Ф., Брюханов В.М. // Бюл. мед. науки. – 2017. – № 1. – С. 20–27.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Babayan M.S. Aminokislotnyy i mineralnyy sostavy travy *Alchemilla tredecimloba* [Amino acid and mineral compositions of the herb *Alchemilla tredecimloba*]. / Babayan M.S., Chelombitko V.A. // Khimiya prirod. soyedineniy [Chemistry of nature. Compounds]. – 2007. – No. 2. – pp. 198–199. [in Russian]
2. Babayan M. S. Sravnitelnyy aminokislotnyy sostav travy manzhetki trinadtsatilopastnoy (*alchemillatredecimlobabuser*) i travy manzhetki tverdoy (*alchemilladurabuser*.) [Comparative amino acid composition of the grass of the thirteen-blade cuff (*alchemillatredecimlobabuser*) and the grass of the hard cuff (*alchemilladurabuser*.)]. / M. S. Babayan. D. A. Kononov // Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya [Modern problems of science and education]. – 2015. – № 4. [in Russian]
3. Weiss R. F. Fitoterapiya: rukovodstvo [Phytotherapy: manual] / translated from German; R.F. Weiss, F. Fintelmann. – M.: Medicine. – 2004. – 552 p. [in Russian]
4. Izmerov N.F. Parametry toksikometrii promyshlennykh yadov pri odnokratnom vozdeystvii: Spravochnik [Parameters of toxicometry of industrial poisons under single exposure: Guide]. / Izmerov N.F., Sanotsky I.V., Sidorov K.K. – M., 1977. [in Russian]
5. Biologicheskaya aktivnost soyedineniy. poluchennykh sinteticheskim putem [Biological activity of compounds obtained synthetically]. / M.N. Ivashev et al. // Fundamentalnyye issledovaniya [Fundamental research]. – 2012. – No. 7. Part 2. – pp. 441–444. [in Russian]
6. Vliyaniye butanolnoy fraktsii iz listyev forzitsii promezhutochnoy na mozgovoye krovoobrashcheniye [Influence of butanol fraction from leaves of forsythia intermediate on cerebral circulation] / A.V. Arlt, V.S. Davydov, M.N. Ivashev et al. // Kubanskiy nauchnyy meditsinskiy vestnik [Kuban Scientific Medical Bulletin]. – 2011. – No. 5. – pp. 10–12. [in Russian]
7. Tutelyan V. A. Biologicheski aktivnyye veshchestva rastitelnogo proiskhozhdeniya. Flavonoly i flavony: rasprostranennost. pishchevyye istochniki. potrebleniye [Biologically active substances of plant origin. Flavonols and flavones: prevalence, food sources, consumption] / V. A. Tutelian. N. V. Lashneva // Vopr. pitaniya [Vopr. 22. Nutrition]. – 2013. – Vol. 82, No. 1. – pp. 4–22. [in Russian]
8. Rukovodstvo po provedeniyu doklinicheskikh issledovaniy lekarstvennykh sredstv [Guidelines for conducting preclinical studies of medicines] / Mironov A. N., Bunatyan N. D. et al. – 2012. – 944 p. [in Russian]
9. Flavonoid intake and cardiovascular disease mortality in a prospective cohort of US adults / McCullough M.L., Peterson J.J., Patel R. et al // Am. J. Clin. Nutr. – 2012. – Vol. 95. – Pp. 454–464. [in Russian]
10. Zverev Ya. F. Flavonoidy kak perspektivnyye prirodnyye antioksidanty [Flavonoids as promising natural antioxidants] / Ya. F. Zverev, V. M. Bryukhanov // Byul. med. nauki. – 2017. – No 1. – pp. 20–27. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.118.4.105>МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАКОПЛЕНИЯ ПОЛИСАХАРИДОВ В БИОМАССЕ ЛИСТЬЕВ
A. LAPPA L. В ПРОЦЕССЕ МИКРОБНОЙ ФЕРМЕНТАЦИИ

Научная статья

Хайбуллин Р.Г.^{1,*}, Волкова Л.В.²^{1,2} Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия

* Корреспондирующий автор (ruslan.khaibullin[at]yandex.ru)

Аннотация

Одним из способов повышения эффективности процесса ферментации растительного сырья является введение пробиотических микроорганизмов в реакционную среду, что позволяет обогатить продукт бактериальными метаболитами, в т.ч. экзополисахаридами. Перспективным сырьём для получения биологически активных субстанций является *Arctium lappa* L. (лопух большой), содержащий в своём составе полисахарид инулин, оказывающий гипогликемический эффект на организм человека. В результате проведённых экспериментов, для дальнейших расчётов оптимальных параметров проведения процесса, получена математическая зависимость накопления полисахаридов в процессе микробной ферментации биомассы листьев A. *lappa* L.

Ключевые слова: A. *lappa* L., микробная ферментация, *Lactobacillus plantarum*, математическое моделирование, полисахариды.

MATHEMATICAL MODELING OF THE ACCUMULATION OF POLYSACCHARIDES IN THE BIOMASS OF
LEAVES A. LAPPA L. IN THE PROCESS OF MICROBIAL FERMENTATION

Research article

Khaybullin R.G.^{1,*}, Volkova L.V.²^{1,2} Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia

* Corresponding author (ruslan.khaibullin[at]yandex.ru)

Abstract

One of the ways to increase the efficiency of the fermentation process of plant raw materials is the introduction of probiotic microorganisms into the reaction medium, which makes it possible to enrich the product with bacterial metabolites, including exopolysaccharides. A promising raw material for the production of biologically active substances is *Arctium lappa* L. (greater burdock) with the polysaccharide inulin in its composition, which has a hypoglycemic effect on the human body. As a result of the experiments, for further calculations of the optimal parameters of the process, a mathematical dependence of the accumulation of polysaccharides in the process of microbial fermentation of A. *lappa* L. leaf biomass was obtained.

Keywords: A. *lappa* L., microbial fermentation, *Lactobacillus plantarum*, mathematical modeling, polysaccharides.

Введение

Биомасса лопуха большого (*Arctium lappa* L.) содержит ряд биологически активных веществ (БАВ), таких как дубильные вещества, тритерпеноиды, аргинин, фитостерины, рутин, кверцетин, а также водорастворимые полисахариды, в т.ч. инулин. [1], [2], [5], [6]. В настоящее время ферментация растительного сырья получила широкое применение в производстве лекарственных препаратов и биологически активных добавок (БАД). [7], [8]. «В качестве одного из подходов к получению эффективных растительных препаратов и введению в них дополнительных свойств может рассматриваться ферментация биомассы растений при помощи пробиотических микроорганизмов рода *Lactobacillus*» [8, С. 6]. Микробная ферментация позволит получить ферментированную растительную субстанцию, обогащённую продуктами бактериального метаболизма, такими как экзополисахариды, короткоцепочечные жирные кислоты, аминокислоты и др. [8].

Необходимость получения математической модели и дальнейшей оптимизации технологических параметров проведения процесса микробной ферментации обусловлена целью получения более ценного по своему составу растительного продукта.

Методы исследования

С целью установления математической зависимости накопления полисахаридов в ферментируемом продукте в процессе проведения микробной ферментации биомассы листьев A. *lappa* L., был поставлен ряд исследований по плану ортогонального центрального композиционного эксперимента 2³. В качестве выходных данных использовался показатель количества полисахаридов, учитывающий как присутствующий в сырье инулин, так и синтезируемые в процессе ферментации экзополисахариды. В качестве факторов, влияющих на качество конечного продукта, были установлены:

1. z_1 – температура ферментации ($^{\circ}\text{C}$), $z_1^- = 32$, $z_1^+ = 42$, $z_1^0 = 37$;
 2. z_2 – время ферментации (ч), $z_2^- = 14$, $z_2^+ = 34$, $z_2^0 = 24$;
 3. z_3 – количество инокулята, вносимого в растительное сырьё на этапе ферментации ($\text{КОЕ} \cdot 10^9$), $z_3^+ = 10$, $z_3^0 = 6$.
- Для вычислений использовали следующие математические зависимости:

$$x_i = \frac{z_0 - z_i^0}{\lambda_i} \quad (1)$$

$$x_{4(5,6)} = (x_{1(2,3)}^2 - a) \quad (2)$$

$$\bar{y}_j = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m y_{ij}, j = \overline{1, n} \quad (3)$$

$$b_i = \frac{\sum_{j=1}^n x_i \bar{y}_j}{\sum_{j=1}^n x_i^2} \quad (4)$$

$$S_{\{y\}}^2 = \frac{1}{n(m-1)} \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m (y_{ji} - y_j)^2 \quad (5)$$

$$S_{\text{коэф}} = \sqrt{\frac{S_{\{y\}}^2}{n \cdot m}} \quad (6)$$

$$S_{\text{ад}}^2 = \frac{m}{n-r} \sum_{j=1}^n (\tilde{y}_j - \bar{y}_j)^2 \quad (7)$$

$$F_{\text{расч.}} = \frac{S_{\text{ад}}^2}{S_{\{y\}}^2} \quad (8)$$

Ферментацию растительного сырья проводили согласно методике, описанной в патенте на изобретение RU 2019 119 049 А [9], сырьё брали в количестве 100 г. В качестве инокулята использовали микроорганизмы вида *Lactobacillus plantarum*, полученные из препарата «Лактобактерин сухой лиоф. 5 доз фл. №10» (АО «Микроген» «Пермское НПО Биомед»), содержащего микробную биомассу *L. plantarum* в количестве $2 \cdot 10^9$ КОЕ на 1 дозу. Количественный анализ полисахаридов проводили по методике, описанной в ФС.2.5.0025.15 [10].

Экспериментальная часть

На начальном этапе осуществили пересчёт натуральных значений факторов (z_i) в кодированные (x_i) по формуле (1), где z_i^0 - центр плана 2^3 , λ_i - интервал варьирования изучаемых факторов (Таблица 1).

Таблица 1 – Кодирование исследуемых факторов

Фактор	z_i^+	z_i^0	z_i^-	λ_i	Переход к кодированным переменным
z_1	42	37	32	5	$x_1 = 0,2 \cdot z_1 - 7,4$
z_2	34	24	14	10	$x_2 = 0,1 \cdot z_2 - 2,4$
z_3	10	6	2	4	$x_3 = 0,25 \cdot z_3 - 1,5$

В соответствии с выбранным типом планирования, составили матрицу, включающую в себя 8 опытов полного факторного эксперимента, 6 опытов в «звёздных точках» и 1 опыт в центре плана (Таблица 2). Согласно ядру плана 2^3 , значение «звёздного плеча» (α) составило 1,215, константа преобразования (β) = 0,73. Значения взаимодействующих факторов x_4 - x_6 рассчитывали по формуле (2).

Таблица 2 – Матрица планирования эксперимента 2^3

№	x_0	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	$x_1x_2x_3$	x_4	x_5	x_6
1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	0,27	0,27	0,27
2	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	0,27	0,27	0,27
3	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	0,27	0,27	0,27
4	1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	0,27	0,27	0,27
5	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	0,27	0,27	0,27
6	1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	0,27	0,27	0,27
7	1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	0,27	0,27	0,27
8	1	1	1	1	1	1	1	1	0,27	0,27	0,27
9	1	-1,215	0	0	0	0	0	0	0,75	-0,73	-0,73
10	1	1,215	0	0	0	0	0	0	0,75	-0,73	-0,73
11	1	0	-1,215	0	0	0	0	0	-0,73	0,75	-0,73
12	1	0	1,215	0	0	0	0	0	-0,73	0,75	-0,73
13	1	0	0	-1,215	0	0	0	0	-0,73	-0,73	0,75

Окончание таблицы 2 – Матрица планирования эксперимента 2³

№	x ₀	x ₁	x ₂	x ₃	x ₁ x ₂	x ₁ x ₃	x ₂ x ₃	x ₁ x ₂ x ₃	x ₄	x ₅	x ₆
14	1	0	0	1,215	0	0	0	0	-0,73	-0,73	0,75
15	1	0	0	0	0	0	0	0	-0,73	-0,73	-0,73
$\sum x_i^2$	15	10,952	10,952	10,952	8	8	8	8	4,373	4,373	4,373

Исходя из составленной матрицы планирования, провели ряд исследований и получили экспериментальные данные. Вычислили средние выборочные результатов экспериментов (3), где m – количество повторностей, n – общее количество экспериментов, построили матрицу планирования 2³ для обработки данных (Таблица 3).

Таблица 3 – Матрица планирования 2³ для обработки результатов

№	x ₁	x ₂	x ₃	y ₁	y ₂	y ₃	\bar{y}_j
1	32	14	2	8,94	8,92	8,68	8,85
2	42	14	2	14,09	14,11	14,01	14,07
3	32	34	2	8,91	8,79	8,72	8,81
4	42	34	2	12,62	12,51	12,56	12,56
5	32	14	10	8,42	8,45	8,41	8,43
6	42	14	10	13,47	13,52	13,65	13,55
7	32	34	10	8,36	8,31	8,27	8,31
8	42	34	10	11,95	12,08	12,14	12,06
9	30,925	24	6	9,38	9,31	9,29	9,33
10	43,075	24	6	14,75	14,81	14,74	14,77
11	37	11,85	6	14,35	14,49	14,57	14,47
12	37	36,15	6	13,57	13,43	13,50	13,50
13	37	24	1,14	13,52	13,50	13,58	13,53
14	37	24	10,86	12,87	12,95	12,94	12,92
15	37	24	6	15,36	15,17	15,24	15,26

По экспериментальным результатам произвели расчёт коэффициентов уравнения регрессии (4). Вычислили дисперсию воспроизводимости $S_{(y)}^2$ (5) и среднее квадратичное отклонение полученных коэффициентов (6). Исходя из числа степеней свободы $n = 30$, уровня значимости $\alpha = 0,05$, по таблицам распределения Стьюдента нашли $t_{кр}$ и установили значение $t_{кр} \cdot S_{коэф}$ (Таблица 4).

Таблица 4 – Расчет дисперсий и коэффициентов уравнения регрессии

Таблица 4. Расчет дисперсий и коэффициентов уравнения регрессии										
№	$(y_{j1} - y_j)^2$	$(y_{j2} - y_j)^2$	$(y_{j3} - y_j)^2$	$S_{\{j\}}^2$	$S_{\{y\}}^2$	$t_{кр}$	$S_{коэф}$	$t_{кр} \cdot S_{коэф}$		
1	0,009	0,005	0,028	0,021	0,006	2,042	0,012	0,024		
2	0,000	0,002	0,004	0,003						
3	0,011	0,000	0,008	0,009						
4	0,003	0,003	0,000	0,003						
5	0,000	0,001	0,000	0,000						
6	0,006	0,001	0,011	0,009						
7	0,002	0,000	0,002	0,002						
8	0,011	0,001	0,007	0,009						
9	0,003	0,000	0,001	0,002						
10	0,000	0,002	0,001	0,001						
11	0,014	0,000	0,010	0,012						
12	0,005	0,005	0,000	0,005						
13	0,000	0,001	0,002	0,002						
14	0,003	0,001	0,000	0,002						
15	0,011	0,008	0,000	0,009						
Полученные коэффициенты уравнения регрессии										
b_0	b_1	b_2	b_3	b_{12}	b_{13}	b_{23}	b_{123}	b_4	b_5	b_6
12,027	2,233	-0,395	-0,245	-0,355	-0,015	-0,007	0,011	-2,151	-0,839	-1,352

Сравнивая значения $t_{кр} \cdot S_{коэф}$ с коэффициентами уравнения регрессии, установили их значимость, принимая во внимание, что коэффициент является значимым в случае выполнения неравенства $|b_n| > t_{кр} \cdot S_{коэф}$. По результатам анализа, коэффициенты b_{13} , b_{23} и b_{123} оказались меньше значения $t_{кр} \cdot S_{коэф}$. Таким образом, уравнение регрессии в кодированных переменных приняло вид (9):

$$y = 12,027 + 2,333 \cdot x_1 - 0,395 \cdot x_2 - 0,245 \cdot x_3 - 0,355 \cdot x_1 \cdot x_2 - 2,151 \cdot (x_1^2 - 0,73) - 0,839 \cdot (x_2^2 - 0,73) - 1,352 \cdot (x_3^2 - 0,73) \quad (9)$$

Полученное уравнение регрессии (9) оценили на адекватность по критерию Фишера. Нашли расчётные значения функции отклика ($y_{i \text{ расч}}$) (9), вычислили дисперсию адекватности ($S_{ад}^2$) (7), где r – число значимых коэффициентов уравнения, далее определили расчётное значение критерия Фишера ($F_{расч}$) (8). Табличное значение ($F_{табл}$) нашли по таблицам распределения Фишера при уровне значимости $\alpha=0,05$ и степеням свободы: $k_1=7$ и $k_2=30$. На основании параметра $F_{табл}$ провели оценку уравнения регрессии (9), учитывая его адекватность в случае выполнения неравенства $F_{расч} < F_{табл}$. (Таблица 5).

Таблица 5 – Проверка полученного уравнения на адекватность

№	$y_{i \text{ расч}}$	$S_{ад}^2$	$F_{расч}$	$F_{табл}$	Адекватность
1	8,91	0,0078	1,303	2,330	Уравнение регрессии адекватно
2	14,08				
3	8,83				
4	12,58				
5	8,42				
6	13,59				
7	8,34				
8	12,09				
9	9,30				
10	14,73				
11	14,44				
12	13,47				
13	13,49				
14	12,90				
15	15,20				

Далее, преобразовали кодированное уравнение регрессии (9) в натуральных переменных (10):

$$y = -0,0860 \cdot z_1^2 - 0,0071 \cdot z_1 \cdot z_2 + 6,9840 \cdot z_1 - 0,0084 \cdot z_2^2 + 0,6259 \cdot z_2 - 0,0845 \cdot z_3^2 + 0,9528 \cdot z_3 - 131,9800 \quad (10)$$

При помощи программного обеспечения (ПО) «Statistica v.10» (StatSoft) построили графики зависимостей количества полисахаридов в ферментированном продукте от изучаемых технологических факторов (Рисунок 1).

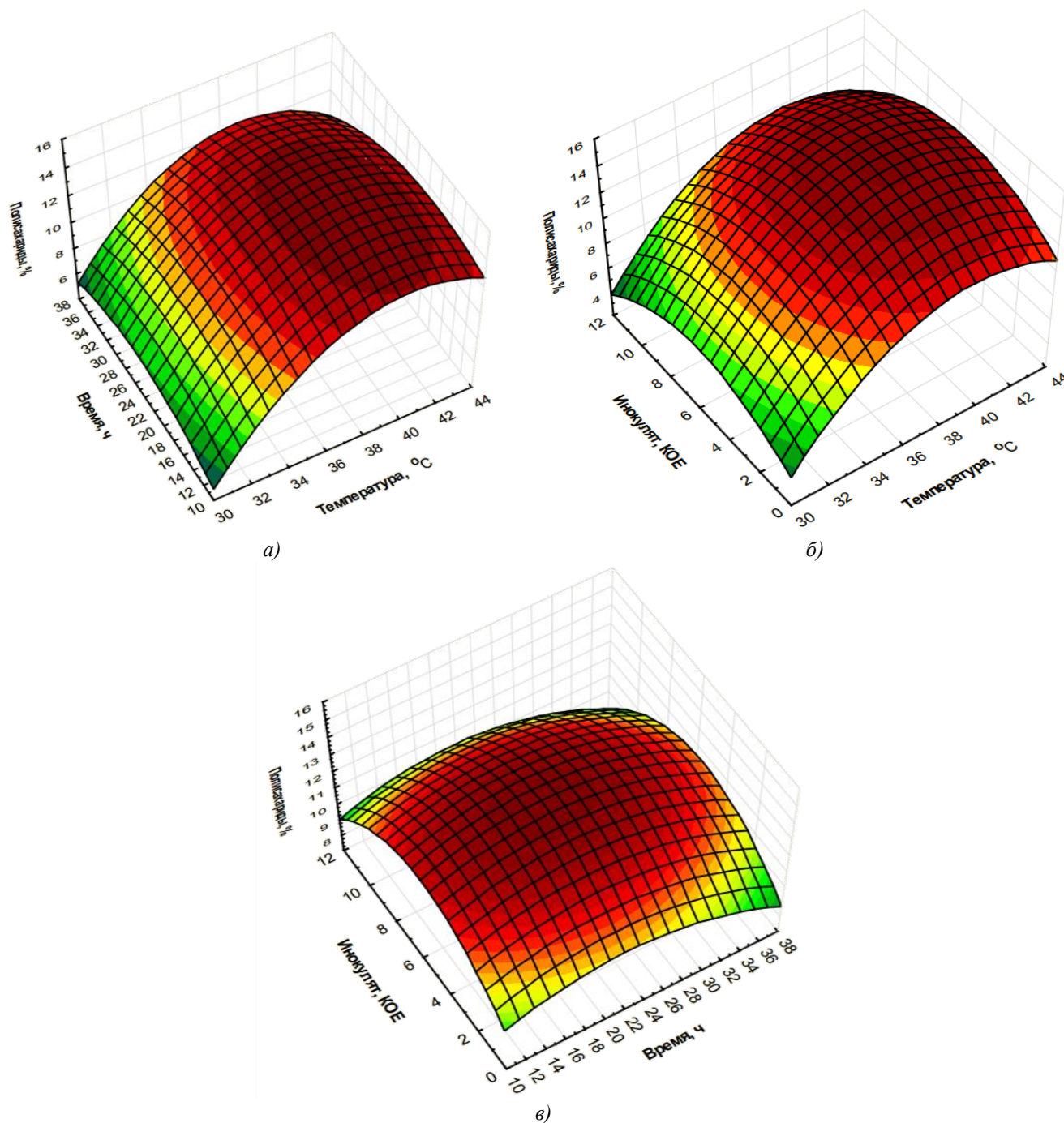


Рис. 1 – Зависимости исследуемых технологических факторов от количества полисахаридов в получаемых продуктах:
а) Т (°C), τ (ч); б) Т (°C), кол-во клеток (КОЕ·10⁹), в) τ (ч), инокулят (КОЕ·10⁹)

Как видно из полученных зависимостей, при температуре, превышающей оптимальную температуру роста *L. plantarum*, накопление полисахаридов происходит с меньшей интенсивностью, т.к. культура перестраивает процессы своего метаболизма, сокращает процессы биосинтеза вторичных метаболитов и потребляет больше ресурсов, в т.ч. имеющиеся полисахариды растительного сырья, с целью повышения своей выживаемости. При внесении в реакционную среду большого количества инокулята, наступает период быстрого клеточного роста, ввиду чего развивающимся клеткам становится недостаточно ресурсов, и колония не синтезирует достаточного количества метаболитов, потребляя имеющиеся питательные вещества растительного сырья. При длительной продолжительности процесса ферментации происходит потребление БАВ сырья растущей колонией. В случае воздействия технологических факторов, имеющих значения ниже оптимальных, процессы роста, развития клеток и биосинтеза БАВ также проходят значительно медленнее.

Закключение

Было изучено влияние температуры (°C), времени (ч) и количества вносимого инокулята (КОЕ) на количество полисахаридов, образующихся в процессе микробной ферментации биомассы листьев *A. lappa* L, получена математическая модель и диаграммы зависимостей технологических факторов от функции отклика. Дальнейшая оптимизация процесса микробной ферментации биомассы листьев *A. lappa* L должна учитывать комплексный анализ дополнительных функций отклика, таких как количество экстрактивных веществ, дубильных веществ, кислот-метаболитов и других.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Фенольные соединения листьев лопуха / А.А. Савина, В.И. Шейченко, А.Л. Петрова и др. // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. – 2013. – 1 – pp. 9-13;
2. Identification of a dicaffeoylquinic acid isomer from *Arctium lappa* with a potent anti-ulcer activity / Carlotto J., da Silva L.M., Dartora N. et al. – Talanta, 2015. – Apr., 135. – pp. 50-57.
3. Jeelani S. Triterpenoids from *Arctium lappa* / S. Jeelani, M.A. Khuroo // Natural product research. – 2012. – 26(7). – pp. 654-658.
4. A review of the pharmacological effects of *Arctium lappa* (burdock) / Chan Y.S., Cheng L.N., Wu J.H. et al. // Inflammopharmacology. – 2011. – Oct.; 19(5) – pp. 245-254;
5. Biologically active fructan from the roots of *Arctium lappa* L., var. *Herkules* / A. Kardosova, A. Ebringerova, J. Alfoldi, et al. // International journal of biological macromolecules. – 2003. – Nov.; 33(1-3). – pp. 135-140.
6. Sychev I.A. Study of composition, physical and chemical properties and biological activity of polysaccharide complex of *Arctium lappa* leaves / I.A. Sychev, D.G. Kokina // IP Pavlov Russian Medical Biological Herald. – 2017. – 25(1). – pp. 42-48.
7. Терёшина Н. С. Ферментация и получение лекарственных препаратов / Н.С. Терёшина, И.А. Самылина, З.П. Костенникова // Фармация. – 2012. – 3. – pp. 53–56.
8. Хайбуллин Р. Г. Перспективы получения биологически активных субстанций из биомассы растений методом микробной ферментации (обзор) / Р.Г. Хайбуллин, Л.В. Волкова // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. – 2021. – 4. – pp. 3–12.
9. Патент № 2733141 (РФ). Способ получения фитокомпозиции / Волкова Л.В., Хайбуллин Р.Г.; заявитель и патентообладатель Пермский национальный исследовательский политехнический университет. – № 2019119049: заявл. 18.06.2019; опубл. 29.09.2020. – 6 с.
10. ФС.2.5.0025.15 Лопуха корни // Фармакопее.рф : [Электронный ресурс]. — URL: <https://pharmacopoeia.ru/fs-2-5-0025-15-lopuha-korni/> (дата обращения: 25.11.2021).

Список литературы на английском языке / References in English

1. Fenol'nye soedineniya list'ev lopuha [Phenolic compounds of burdock leaves] / A.A. Savina, V.I. Shejchenko, A.L. Petrova et al. // Voprosy biologicheskoy, medicinskoj i farmacevticheskoy himii [Problems of biological medical and pharmaceutical chemistry] – 2013; 1: 9-13; [in Russian]
2. Identification of a dicaffeoylquinic acid isomer from *Arctium lappa* with a potent anti-ulcer activity / Carlotto J., da Silva L.M., Dartora N. et al. – Talanta, 2015. – Apr., 135. – pp. 50-57.
3. Jeelani S. Triterpenoids from *Arctium lappa* / S. Jeelani, M.A. Khuroo // Natural product research. – 2012. – 26(7). – pp. 654-658.
4. A review of the pharmacological effects of *Arctium lappa* (burdock) / Chan Y.S., Cheng L.N., Wu J.H. et al. // Inflammopharmacology. – 2011. – Oct.; 19(5) – pp. 245-254;
5. Biologically active fructan from the roots of *Arctium lappa* L., var. *Herkules* / A. Kardosova, A. Ebringerova, J. Alfoldi, et al. // International journal of biological macromolecules. – 2003. – Nov.; 33(1-3). – pp. 135-140.
6. Sychev I.A. Study of composition, physical and chemical properties and biological activity of polysaccharide complex of *Arctium lappa* leaves / I.A. Sychev, D.G. Kokina // IP Pavlov Russian Medical Biological Herald. – 2017. – 25(1). – pp. 42-48.
7. Terjoshina N.S. Fermentacija i poluchenie lekarstvennyh preparatov [Fermentation and drug preparation] / N. S. Terjoshina, I. A. Samylina, Z. P. Kostennikova // Farmacija [Pharmacy]. 2012. –3. –pp. 53–56. [in Russian]
8. Khaibullin R.G. Perspektivy poluchenija biologicheskij aktivnyh substancij iz biomassy rastenij metodom mikrobnij fermentacii (obzor) [Perspectives for production plant biomass biologically active product by the microbial fermentation method (review)] / R.G. Khaibullin, L.V. Volkova // Voprosy biologicheskoy, medicinskoj i farmacevticheskoy himii. [Problems of biological medical and pharmaceutical chemistry] – 2021. – 4 – pp. 3–12; [in Russian]
9. Pat. № 2733141 Russian Federation. Sposob poluchenija fitokompozicii / Volkova L.V., Hajbullin R.G.; The applicant and the patentee Perm national research polytechnic university – № 2019119049: appl. 06/18/19: publ. 29.09.20. – 6 p. [in Russian]
10. FS.2.5.0025.15 Lopuha korni. [Pharmacopoeia article 2.5.0025.15 Burdock roots] // Farmakopeja.rf: [Electronic resource]. — URL: <https://pharmacopoeia.ru/fs-2-5-0025-15-lopuha-korni/> (accessed: 14.03.2022). [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.118.4.106>**ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ АРХИТЕКТУРЫ ПРАВОСЛАВНЫХ ПАЛОМНИЧЕСКИХ ЦЕНТРОВ
В КОНТЕКСТЕ ИСТОРИЧЕСКОЙ СРЕДЫ**

Научная статья

Ильвицкая С.В.¹, Асмолова Л.В.^{2,*}² ORCID: 0000-0001-7506-535X;^{1,2} Государственный университет по землеустройству, Москва, Россия

* Корреспондирующий автор (laraasmolova[at]ya.ru)

Аннотация

Актуальность темы исследования определена современным развитием православной культуры и образовательной политики России, а также ограниченностью развития культурно-просветительной и туристской инфраструктуры сельских территорий, необходимостью модернизации и совершенствования архитектуры культурных паломнических центров с учетом современных требований и инновационных технологий. В условиях современного развития экономики России на уровне государственной политики идёт процесс активного планирования создания новых культурно-просветительных паломнических центров (далее ПЦ) для местного населения и туристов. В связи с изменением социокультурной ситуации в современном российском обществе формируется новая парадигма в развитии архитектуры паломнических центров при храмовых объектах культурного наследия, связанные с совершенствованием условий комфортности среды. В статье выявлены факторы формирования ПЦ, обозначены различные функции архитектурных объектов в составе православных комплексов и предложена модель структуры гостиницы нового типа для паломников.

Необходимо отметить ряд работ доктора архитектуры, профессора Ильвицкой С.В., которые посвящены изучению проектирования и организации храмовой православной архитектуры. Важно выделить труды Смирнова А.В. и Семенов Т.С., в которых рассмотрены тенденции формирования культурно-досуговых, жилых центров в контексте исторической среды, а также работы Пасечника И.Л. и Марушиной Н.В., в которых рассмотрена категория ценности в теории и практике сохранения исторической городской среды.

Ключевые слова: паломнические центры, храмовое зодчество, контекст, историческая среда, паломнический туризм.

**FEATURES OF THE FORMATION OF THE ARCHITECTURE
OF ORTHODOX PILGRIMAGE CENTERS IN THE CONTEXT OF HISTORICAL ENVIRONMENT**

Research article

Ilvitskaya S.V.¹, Asmolova L.V.^{2,*}² ORCID: 0000-0001-7506-535X;^{1,2} State University of Land Use Planning, Moscow, Russia

* Corresponding author (laraasmolova[at]ya.ru)

Abstract

The relevance of the research topic is determined by the modern development of Orthodox culture and educational policy in Russia, as well as the limited development of cultural, educational, and tourist infrastructure in rural areas, the need to modernize and improve the architecture of cultural pilgrimage centers taking into account modern requirements and innovative technologies. In the conditions of the modern development of the Russian economy at the level of state policy, there is a process of active planning for the creation of new cultural and educational pilgrimage centers for the local population and tourists. Due to the change in the socio-cultural situation in modern Russian society, a new paradigm is being formed in the development of the architecture of pilgrimage centers at temple cultural heritage sites associated with the improvement of environmental comfort conditions. The article identifies the factors of the formation of such pilgrimage centers, identifies various functions of architectural objects as part of Orthodox complexes, and proposes a model of the structure of a new type of hotel for pilgrims.

It is necessary to note a number of works by Doctor of Architecture, Professor S.V. Ilvitskaya, which discuss the study of the design and organization of Orthodox temple architecture. It is important to highlight the works of Smirnov A.V. and Semenova T.S., which examine the trends in the formation of cultural and leisure, residential centers in the context of the historical environment, as well as the work of I.L. Pasechnik and N.V. Marushina, which discuss the category of value in the theory and practice of preserving the historical urban environment.

Keywords: pilgrimage centers, temple architecture, context, historical environment, pilgrimage tourism.

Введение

В настоящее время актуальна проблематика организации и создания паломнических центров на основе православных храмов XVIII-XX вв. в исторической среде, расположенных в европейской части России. Объекты культурного наследия играют важную роль в изучении отечественной истории, социокультурного и духовного развития российского общества, так как они обладают мемориальной и художественной ценностью и передают преемственность многовекового архитектурного и строительного опыта. В настоящее время остро стоит проблема сохранения и ревитализации историко-архитектурных объектов культурного наследия, особенно храмов, которые находятся далеко от крупных городов, на сельских территориях. В этой связи формирование архитектуры паломнических центров в

исторической среде должно быть адаптировано к новым современным культурно-просветительным типологическим основам.

Основной текст

За всю историю в России в разное время существовал религиозный туризм в форме паломничества. Паломников привлекало большое количество святых мест и в древние времена, и в Новое время. К числу святых мест относились как величественные религиозные центры с крупными памятниками архитектуры, так и святые колодцы, родники, пещеры [1].

Основные центры религиозной жизни населения – храмы, монастыри, возникали на территории русской земли с первых дней существования христианства и дошли до наших дней в видоизмененном или в первоначальном состоянии. В советское время большинство православных храмов были закрыты или разрушены.

В настоящее время существует два принципа организации паломнического туризма [5], [10]:

1) Паломничество, преследующее сугубо религиозные цели. В данном случае паломники принимают участие в богослужениях, посещают святые места только с целью поклонения православной святыни. В такой связи планировка паломнических центров не направлена на удовлетворение культурно-досуговых потребностей паломников, а предназначена для глубоко верующих людей. Важным отличием данного вида паломничества являются мотивы верующих: необходимость паломников в духовном и телесном исцелении от недугов, проявление благодарности святым историческим местам, стремление показать преданность вере, преобрести внутреннюю силу, обстрагироваться от жизненных проблем и беспокойства. Вместо гостиниц для проживающих предоставлены аскетичные кельи.

2) Паломничество, направленное на удовлетворение познавательных и культурно-досуговых целей. Архитектурная организация данных центров представляет собой многофункциональный комплекс, включающий себя не только основное место святыни, но и гостиницы для паломников, места для досуга проживающих. Мотивом такой поездки является совершение туров экскурсионной направленности для рассмотрения религиозных объектов как культурно-исторического наследия. Такие турпоездки не совпадают с религиозными праздниками и предназначены для посетителей разного возраста. Туристы в экскурсионно-познавательных поездках имеют право пользоваться всей инфраструктурой на территории комплекса (кафе, отелями, музеями, выставками). Религиозный туризм включен в современную индустрию туризма.

Паломнический туризм в настоящее время набирает популярность в России, так как подразумевает приобщение к истории храмового зодчества, пониманию значимости храмов и икон, святых мест и источников, расположенных в провинциях страны. В истории храмовых и монастырских комплексов России XIX –нач.XX вв. существует ряд примеров строительства гостиниц для паломников, например, в Свято-Троицком Серафимо-Девеевском женском монастыре (см. рисунок 1).



Рис. 1 – Генплан Свято-Троицкого Серафимо-Девеевского женского монастыря с паломническим центром

В связи с этим значительный интерес в настоящее время представляют новые паломнические центры (далее ПЦ) в исторической среде. Сегодня в России существует около 500 православных паломнических центров, в том числе в регионах. Процесс сохранения культурного наследия и исторической среды, связанный с воссозданием памятников и новым строительством ПЦ, обуславливает приемы преемственности традиций, а также необходимость разработки архитектурных решений и проектов ПЦ нового типа. Анализ существующих паломнических комплексов показал, что многие из них не обладают комфортной средой для проживающих паломников. Например, в состав некоторых паломнических комплексов может входить гостиница с размещением по 15 человек в комнате, условия проживания могут быть плохо оборудованными; на территории отсутствуют мероприятия для досуга, питания детей; мебель и интерьер построек ПЦ могут быть устаревшими [5]. Так, основываясь на анализе существующих комплексов для

паломников, большинство из них — около 65% не обладают необходимой для комфортного проживания инфраструктурой на территории.

Паломнический центр нового типа - это комплекс зданий, состоящий из многофункциональных объектов с модернизированными социокультурными и просветительскими функциями, сложной функциональной и архитектурно-пространственной организации, адаптированной к современным условиям комфортности среды.

В современной отечественной практике принят ряд подходов к организации паломнических центров: реставрация и реконструкция, модернизация и ревитализация храмовых зданий, а также строительство новых объектов в исторической среде с учетом требований Закона об охране исторических памятников, а также интересов и запросов современного общества [6].

Российская современная практика по защите исторических памятников архитектуры заинтересована в инвестиционной привлекательности объектов культурного наследия. Поэтому возникает потребность развития таких объектов в культурно-досуговых, туристических, образовательно-просветительских и научно-образовательных целях [4]. При строительстве новых объектов на территории ПЦ для развития инфраструктуры в контексте исторической среды, необходимо учитывать наличие границ охранной зоны. В охранных зонах все работы должны быть согласованы с собственником объекта. Чаще всего там действует запрет на строительство или ограничения при размещении тех или иных объектов.

Сведения об охранных зонах содержится в Публичной кадастровой карте. Участки, входящие в границы такой зоны, попадают под действие всех ограничений и запретов.

Выявлены факторы формирования ПЦ, которые влияют на особенности размещения и планировки комплексов.

1. Композиционный фактор: православные храмы не только являлись градостроительным элементом в составе города, но и служили визуальной доминантой, навигационной точкой. Объемно-планировочные решения храмовых комплексов характеризуются разными видами высот сооружений, различными контурами ограждений и стен. Однако организация любого храмового комплекса стремится к созданию единого композиционного ансамбля.

2. Экологический фактор: в современных реалиях огромное значение придается повреждению природного ландшафта при возведении новых зданий. Концепция культовой архитектуры призвана являться частью экосистемы, не нарушая природного равновесия. При проектировании архитекторы применяют экологические материалы и используют энергосберегающие технологии. Такая организация приближена к пониманию религиозного мировоззрения — подобию райского сада.

3. Духовно-культурный фактор: богослужение является основной функцией, производимой в православной церкви, и является основой христианства. Важной деятельностью на территории храма является работа с паломниками. Так, в структуру ансамбля могут входить следующие постройки: духовные семинарии, академии, воскресные школы, тем самым играя роль в увеличении грамотности населения и способствуя воспитанию специалистов в различных сферах общества.

4. Социальный фактор: на территории храмового комплекса может осуществляться помощь детям, сиротам, а также людям при возникновении у них сложных жизненных ситуаций за счет обеспечения их жильем, продуктами питания, оказания медицинской или психологической помощи.

5. Экономический фактор: многофункциональная структура организации определяет хозяйственно-экономическую деятельность храмового комплекса. На территории может выполняться ведение сельского хозяйства, животноводства, огородничество, предоставление туристских услуг паломникам.

Вышеперечисленные факторы влияют на доступность и популярность храмового комплекса среди населения для совершения паломнических поездок.

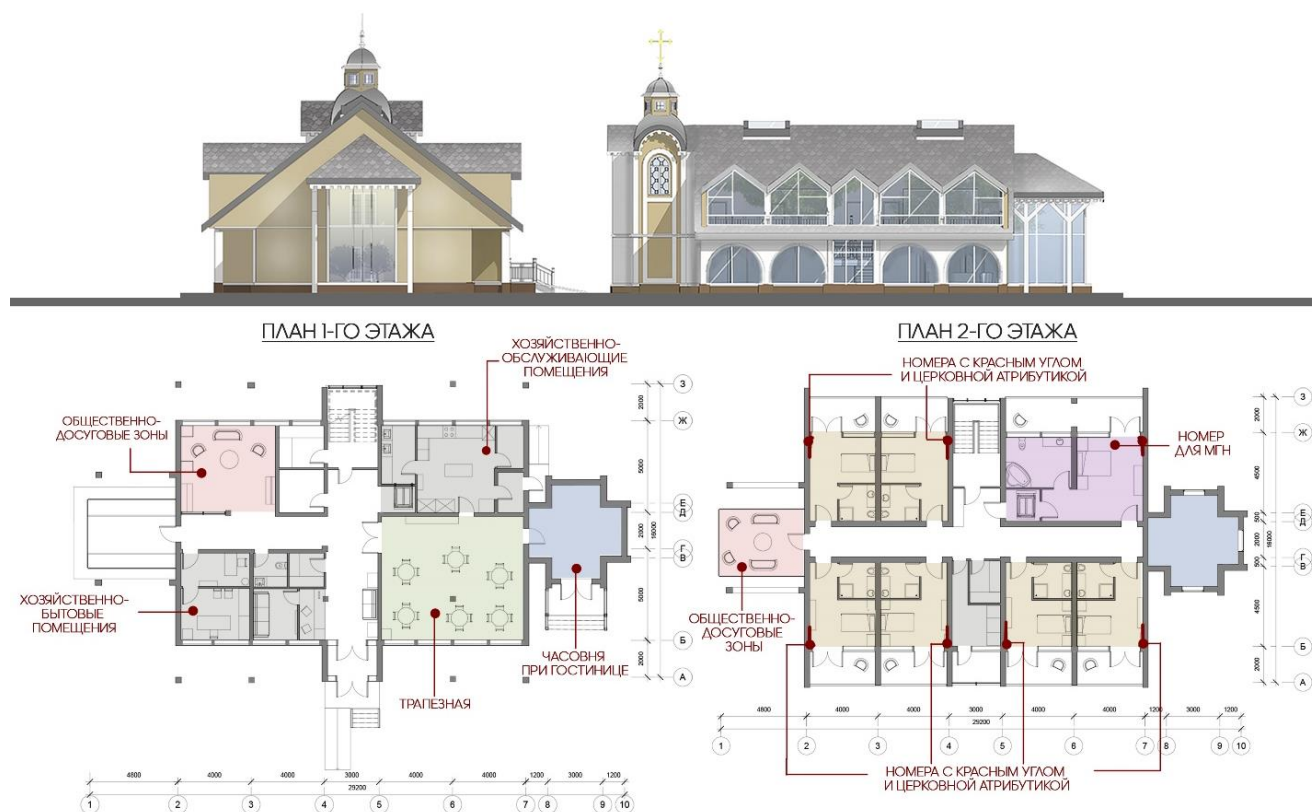


Рис. 2 – Проект гостиницы для ПЦ нового типа для паломников в Ярославской области

Однако в ПЦ необходимо создать современные комфортные условия проживания, а именно: оборудованные гостиницы (см. рисунок 2), так как многие комплексы ими не наделены. Поэтому существует необходимость строительства новых паломнических комплексов в исторической застройке.

Условия временного проживания для паломников, посещающих храмовый комплекс в культурно-досуговых целях, почти не отличаются от современных гостиниц. Однако архитектура ПЦ нового типа должна создавать обстановку для «погружения» в паломническую среду. Так, в структуру гостиницы могут входить: гостиничные кельи с красным углом 1,4 кв.м. и оборудованными санузлом и небольшой кухней; часовня при гостинице; общественно-досуговые зоны с церковными атрибутами; помещения для личных бесед и переговоров; хозяйственно-бытовые помещения; трапезные (см. рисунок 3). Необходимо учитывать специфику паломнического туризма при размещении гостиниц разной типологии: номера для одиночек, для групп людей и семей. Федотова Л.А. предлагает в структуре гостиниц предусматривать 1% монастырских келий для сугубо верующих людей, 39% для паломников, интересующихся историческими и культурными аспектами, и 60% номеров для верующих и интересующихся православием туристов [11].

Создание социально-общественных центров повысит популярность сельской территории, сформирует новые рабочие места и будет способствовать комплексному освоению провинциальных территорий за счет развития религиозного туризма.

ПЦ нового типа призваны обеспечить сохранность историко-архитектурного наследия за счет использования его в социокультурной жизни общества, повышения его экономической эффективности и адаптации к рыночным условиям [2].

Исследование и анализ существующих ПЦ выявило состав сооружений на территории храмового комплекса, которые могут обеспечивать общество различными функциями [9]:

- туристическая функция: предусматривает размещение и предоставление жилья и услуг паломникам – гостиницы, трапезные, кельи;
- экономическая функция: наличие ярмарок, церковных лавок, сувенирных магазинов;
- производственно-промысловая функция: размещение мастерских, огородов, небольших ферм, конюшен и т.д.;
- лечебная функция: предоставление духовного лечения, а также расположение оздоровительными источниками, расположение медпунктов;
- образовательная функция: предусматривает наличие на территории воскресных школ, духовных семинарий, библиотек;
- социальная функция: расположение детских приютов, домов престарелых.
- музейная функция: наличие исторических памятников архитектуры, краеведческих музеев.

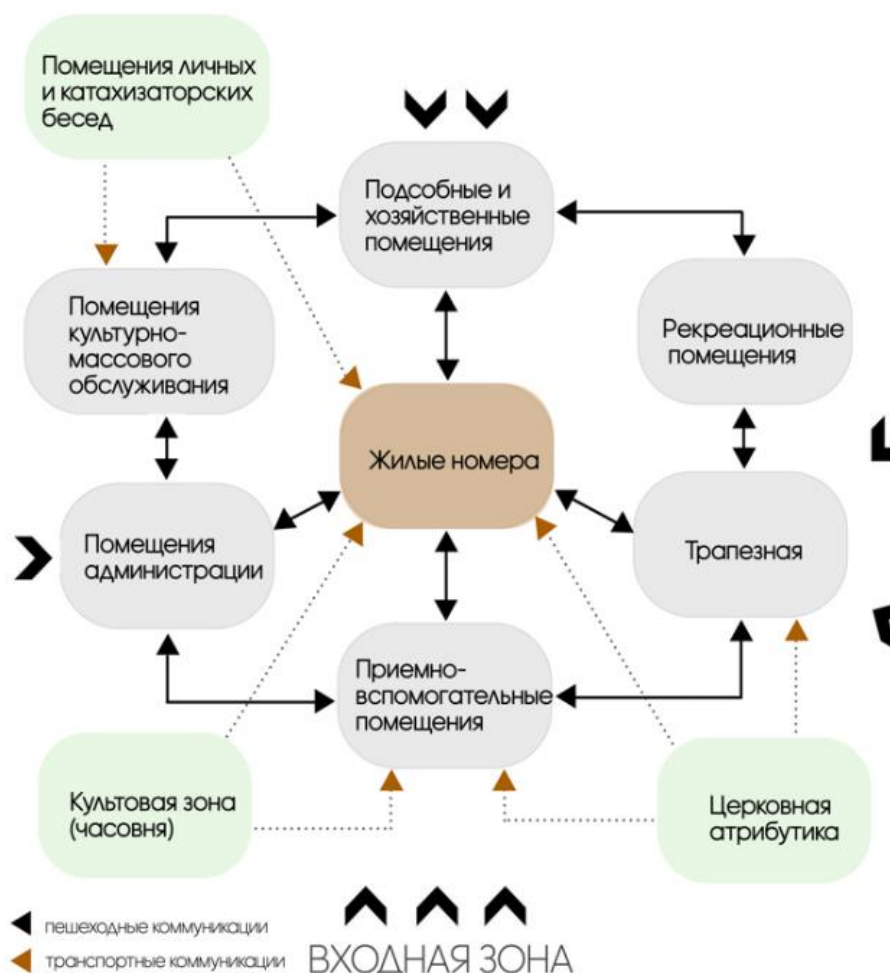


Рис. 3 – Функциональная модель гостиницы для паломников

Так, функции ПЦ разнообразны: комплексы способны существовать автономно и независимо. Храмовые ансамбли предоставляют паломникам не только жилье, но и обеспечивают им комфортное пребывание за счет предоставления культурно-познавательного досуга.

Применение инновационных технологий экскурсионного обслуживания в сфере религиозного туризма способствует удовлетворению исторического и познавательного интереса. В настоящее время активно применяются цифровые технологии, которые влияют на создание комфортных условий для паломников, безопасность на территории комплекса и качество обслуживания. Широко применяются аудиосистемы, так как они: обеспечивают необходимой информацией большие группы людей; способствуют беспрепятственному прослушиванию церковной музыки, не отвлекаясь на сопровождение гида. Часто применяются тургиды, радиогиды, которые дают возможность повысить качество экскурсии. Большой популярностью в сфере религиозного туризма в настоящее время пользуются интерактивные экскурсии. Они вовлекают посетителей в активное взаимодействие с экскурсоводом и способствуют к «самостоятельному» изучению архитектурных объектов на территории храмового комплекса и памятников культурного наследия. Интерактивные экскурсии позволяют сделать посещение комплекса запоминающимся и познавательным.

В современной России XXI века одним из наиболее крупных и с развитой инфраструктурой паломнических центров является комплекс при Свято-Троицком Серафимо-Дивеевском женском монастыре в селе Дивеево Нижегородской области. У входа в обитель располагается информационная часть комплекса для посетителей – паломнический центр, который занимается расселением паломников, выдачей талонов на бесплатное питание, организацией поездок к святым местам поклонения. Паломнический комплекс вмещает благотворительную трапезную. На территории центра расположены отдельные здания, удаленные от монастыря. Типология жилых объектов для верующих приезжих разнообразна. Так, вышеуказанный комплекс при Свято-Троицком Серафимо-Дивеевском женском монастыре обеспечен развитой инфраструктурой, позволяющий располагать паломников разных социальных групп.

На Новых торговых рядах в Сергиевом Посаде расположен крупный Паломнический центр Свято-Троицкой Сергиевой Лавры, возведенный в псевдорусском стиле в 1902—1903 годах архитектором А.А. Латковым. На территории комплекса рядом со входом организован справочный центр для паломников, где имеется информация о местах расселения в частных секторах, и о гостинице для паломников, в состав которой входит трапезная.

Для организации многодневных и однодневных паломнических поездок по святым местам России, при мужском монастыре Александро-Невской Лавры также организован православный паломнический центр. Комплекс располагает тремя гостиницами для размещения посетителей, каждая из которых вмещает до 30-50 человек.

Таким образом, паломнические центры в современной России достаточно разнообразны. Данные комплексы не только создают необходимую атмосферу для поклонения святыни, но и активно развивают просветительскую, культурную, досуговую и образовательную деятельность. Крупные духовные центры располагают комфортными

условиями для проживающих паломников, обеспечивая их бесплатным питанием, благоустроенными гостиницами. В некоторых святых местах организация паломнических поездок приближена к созданию познавательного туризма, что обусловлено возрастающим интересом современного общества к православной культуре.

Заключение

В ходе данного исследования определены следующие выводы:

- 1) При строительстве ПЦ нового типа для обеспечения комфортной среды для паломников важно учитывать границы охранной зоны.
- 2) На проектирование ПЦ нового типа в контексте исторической среды влияют композиционный, экологический, духовно-культурный, социальный и экономический факторы для учитывания комфортного пребывания паломников.
- 3) ПЦ нового типа включает на территории постройки, обладающие туристической, экономической, лечебной, образовательной, социальной и музейной функциями.
- 4) На территории ПЦ нового типа имеются инновационные цифровые технологии, способствующие комфортному пребыванию паломников, посетивших храмовый комплекс с культурно-просветительской целью.
- 5) Гостиница нового типа для паломников, посещающих храмовый комплекс в культурно-досуговых целях, должна создавать обстановку для «погружения» в паломническую среду. Необходимо запроектировать в ней гостиничные номера с красным углом и церковной атрибутикой; культовую зону; общественно-досуговые зоны; помещения для личных бесед; вспомогательные помещения для бытовых целей; трапезные.

Архитектура паломнических центров нового типа будет содействовать сохранению духа места и самобытности храмовой архитектуры, если они будут спроектированы на базе выявленных особенностей проектирования, которые сформулированы за счет определения факторов формирования функционально-планировочной и ландшафтной организации паломнических комплексов, установки границ вмешательства в историческую среду.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Ильвицкая С.В. Эволюция православной культовой архитектуры: иллюстрированное учебное пособие / С.В. Ильвицкая. – М.: ГУЗ, 2011. – 95 с.
2. Ильвицкая С.В. Архитектура православных монастырей: традиции и современность. / С.В. Ильвицкая. Монография, К., «Лабиринт», 2007
3. Ильвицкая С.В. Глоссарий архитектурно-строительных терминов и научных дефиниций в области истории архитектуры и реставрации памятников архитектуры / С.В. Ильвицкая Учебник, ГРИФ УМО, М., ГУЗ, 2015.
4. Смирнов А.В. Принципы формирования архитектуры культурно-досугового центра в исторической среде.: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. арх. / Смирнов Андрей Владимирович. – Москва, 2004. – 26 с.
5. Федорова Ю. С. Типология туристских объектов на основе использования историко-архитектурного наследия. : автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. арх. / Федорова Юлия Семеновна - Москва, 1998 - 24 с.
6. Афонина Е.В. Организация восстановительных работ объекта культурного наследия при частичном сохранении здания / Е.В. Афонина // Современное строительство и архитектура. – 2018. - №4. - с. 46-48
7. Прошунина К. А. Ревитализация зоны объекта охраны культурного наследия на территории г. Астрахани в границах исторической части города «городское православное кладбище, XIX–XX. / К. А. Прошунина, Н. А. Новинская. Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. - Астрахань, 2016
8. Анохин А. Ю. Современные технологии ревитализации и реновации объектов историко-культурного наследия. / А.Ю. Анохин. Балтийский федеральный университет им. И. Канта. - Калининград, 2015
9. Робезник Л.В. Организация современных паломнических центров Архитектурный аспект / Л.В. Робезник // Ученые записки Новгородского государственного университета им. Ярослава Мудрого. - 2019.
10. Зорин И.В. Туризм как вид деятельности / И.В. Зорин, Т.П. Каверина, В.А. Квартальнов. Учебник. М.: Финансы и статистика. 2005. – 288 с.
11. Федотова Л. А. Религиозный туризм как путь возрождения историко-культурного наследия (на примере Коломенского района) / Л. А. Федотова // Промышленное и гражданское строительство. - 2012. - №9.- С. 2931.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Ilvitskaya S.V. Eholjucija pravoslavnoj kul'tovojj arkhitektury: illjustrirvanoe uchebnoe posobie [The evolution of Orthodox cult architecture: an illustrated textbook] / S. V. Ilvitskaya. - M.: GUZ, 2011. - 95 p. [in Russian]
2. Ilvitskaya S.V. Arkhitektura pravoslavnykh monastirej: tradicii i sovremennost' [Architecture of Orthodox monasteries: traditions and modernity] / S. V. Ilvitskaya // A Monograph, K., «Labirint», 2007 [in Russian]
3. Ilvitskaya S.V. Glossarij arkhitekturno-stroitel'nykh terminov i nauchnykh definicij v oblasti istorii arkhitektury i restavracii pamjatnikov arkhitektury [Glossary of architectural and construction terms and scientific definitions in the field of architectural history and restoration of architectural monuments] / S. V. Ilvitskaya // Textbook, GRIF UMO, M., GUZ, 2015 [in Russian]
4. Smirnov A.V. Principy formirovaniya arkhitektury kul'turno-dosugovogo centra v istoricheskoy srede [Principles of the formation of the architecture of the cultural and leisure center in the historical environment]: extended abstract of Candidate's thesis. Architecture / Smirnov Andrey Vladimirovich. - Moscow, 2004. - 26 p.5 [in Russian]
5. Fedorova Yu. S. Tipologija turistskikh ob'ektov na osnove ispol'zovaniya istoriko-arkhitekturnogo nasledija [Typology of tourist sites based on the use of historical and architectural heritage]: extended abstract of Candidate's thesis. Architecture / Fedorova Yulia Semenovna - Moscow, 1998 - 24 p. [in Russian]

6. Afonina E.V. Organizacija vosstanovitel'nykh rabot ob'ekta kul'turnogo nasledija pri chastichnom sokhranении zdaniya [Organization of restoration works of the cultural heritage object with partial preservation of the building] / E. V. Afonina // *Sovremennoe stroitel'stvo i arkhitektura* [Modern construction and architecture]. - 2018. - No. 4. - pp. 46-48 [in Russian]
7. Proshunina K. A. Revitalizacija zony ob'ekta okhrany kul'turnogo nasledija na territorii g. Astrakhaniv granicakh istoricheskoy chasti goroda «gorodskoe pravoslavnoe kladbishhe, XIX–XX. [Revitalization of the zone of the object of protection of cultural heritage on the territory of Astrakhan within the boundaries of the historical part of the city «urban Orthodox cemetery, 19-20th] / K. A. Proshunina, N. A. Novinskaya. Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering. - Astrakhan, 2016 [in Russian]
8. Anokhin A. Yu. Sovremennye tekhnologii revitalizacii i renovacii ob'ektov istoriko-kul'turnogo nasledija [Modern technologies of revitalization and renovation of objects of historical and cultural heritage] / A.Yu. Anokhin. Baltic Federal University named after I. Kant. - Kaliningrad, 2015 [in Russian]
9. Robezhnik L.V. Organizacija sovremennykh palomnicheskikh centrov Arkhitekturnyy aspekt [The organization of modern pilgrimage centers Architectural aspect] / L. V. Robeznik // *Scientific notes of the Novgorod State University named after Yaroslav the Wise*. - 2019 [in Russian]
10. Zorin I.V. Turizm kak vid dejatel'nosti [Tourism as an activity] / I. V. Zorin, T. P. Kaverina, V. A. Kvartalnov. Textbook. M.: Finansy i statistika. 2005–288 p. [in Russian]
11. Fedotova L. A. Religioznyj turizm kak put' vrozhdeniya istoriko-kul'turnogo nasledija (na primere Kolomenskogo rajjona) [Religious tourism as a way of revival of historical and cultural heritage (on the example of Kolomenskoye district)] / L. A. Fedotova // *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and civil construction]. - 2012. - No. 9.- p. 2931 [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.118.4.107>

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЩЕСТВЕННОГО ПРОСТРАНСТВА МНОГОКВАРТИРНЫХ ДОМОВ С УЧЕТОМ УДОБСТВА ДЛЯ МАЛОМОБИЛЬНЫХ ГРАЖДАН

Научная статья

Костюченко М.О.¹, Костюченко В.В.², Астанин Д.М.^{3,*}

³ ORCID: 0000-0002-1062-3098;

^{1, 2, 3} Вологодский государственный университет, Вологда, Россия;

³ Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва, Россия

* Корреспондирующий автор (montenegro.astanin[at]mail.ru)

Аннотация

Несмотря на то, что требования для проектирования доступной среды для МГН появились еще в 1975 г. и, в последующем времени постоянно менялись и дополнялись, требования при проектировании для МГН нарушаются по сей день. Определена актуальность развития общественных территорий у многоквартирных домов и ее доступность для маломобильных граждан. Сформулированы основные условия создания комфорта и безопасности при проектировании планировочных единиц дворовых пространств: пешеходные пути, лестницы, входные группы, лифты, парковочные места, детские площадки. Определено значение доступности общественных территорий для МГН и обычных граждан.

Ключевые слова: маломобильные группы населения, доступная среда, парковочное место, лифт, пандус, зона отдыха.

MODELING OF THE PUBLIC SPACE OF APARTMENT BUILDINGS TAKING INTO ACCOUNT THE CONVENIENCE FOR PEOPLE WITH LIMITED MOBILITY

Research article

Kostyuchenko M.O.¹, Kostyuchenko V.V.², Astanin D.M.^{3,*}

³ ORCID: 0000-0002-1062-3098;

^{1, 2, 3} Vologda State University, Vologda, Russia;

³ Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

* Corresponding author (montenegro.astanin[at]mail.ru)

Abstract

Despite the fact that the requirements for designing an accessible environment for people with limited mobility appeared back in 1975 and subsequently were constantly changed and supplemented, the requirements for designing for people with limited mobility are violated to this day. The study determines the relevance of the development of public territories in apartment buildings and its accessibility for people with limited mobility; it also formulates the basic conditions for creating comfort and safety in the design of planning units of street environments, such as pedestrian paths, stairs, entrances, elevators, parking spaces, playgrounds. The author determines the importance of accessibility of public territories for people with limited mobility and other citizens.

Keywords: people with limited ability, accessible environment, parking space, elevator, ramp, recreation area.

Введение

В Конституции РФ говорится о том, что наше государство является социальным, а значит берет на себя обязательства по материальной и нематериальной поддержке граждан. Кроме того, согласно положениям основного документа страны, человек, его права, свободы являются высшей ценностью [1].

Вышеназванные положения позволяют сделать вывод о том, что в России всем гражданам гарантируется не только поддержка со стороны государства, но и создание условий для качества жизни, ее комфортности и доступности. Особенно это важно для особенных людей – маломобильных граждан.

К маломобильным группам населения (далее МГН) относят категории граждан, испытывающих затруднения при самостоятельном передвижении, получении услуги, необходимой информации или при ориентировании в пространстве (инвалиды, люди с временным нарушением здоровья, пожилые люди, беременные женщины, люди с детскими колясками, с малолетними детьми, тележками, багажом). Проектируя общественные территории для этой категории населения крайне важно создавать комфортную и безопасную – доступную среду.

Обсуждение

Социокультурный аспект инвалидности был рассмотрен в работах Д. Бейли, Т. Хармса, П. Глазго и др. В качестве исходных методологических посылок определения и анализа пространства города приняты теория производства пространства (Э. Соха), концепция права на город (Д. Харви), модель одномерного общества (Г. Маркузе), дисциплинарный подход (М. Фуко), постмодернистская критика городского сообщества (Ж. Бодрийяр), теория базированности (Г. Зиммель)

Методологические основы социального моделирования доступности отражены в трудах Шестопалова Ю. П., Наберушкиной Э. К., Брума Е. В., Баштанар А. В. и др. [2], [3], [4], [5].

Создание нормативных требований к проектированию безбарьерного доступа для МГН началось еще в 1975 г. Первым нормативным документом в СССР стал ВСН 21-74 «Инструкция по проектированию домов для престарелых и инвалидов». Далее он актуализировался и дополнялся. В 1988-м г. появился документ «Типовая инструкция по обеспечению передвижения инвалидов, пользующихся креслами-колясками, в проектах общественных зданий, планировки и застройки населенных мест», в 1992 г. - ВСН 62-91 «Проектирование среды жизнедеятельности с учетом

потребностей инвалидов и маломобильных групп населения», в 1999 г. - СП 31-102-99 «Требования доступности общественных зданий и сооружений для инвалидов и других маломобильных посетителей», в 2001 г. - СНиП 35-01-2001 «Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения», и, наконец, последний актуализированный свод правил появился в 2013 г. - СП 59.13330.2012 «Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения».

Согласно правилам СП 59.13330.2012, оценка доступности общественного пространства проводится по следующим критериям: требования к земельным участкам и зоне отдыха, наличие автостоянки для инвалидов, входы и выходы в жилые помещения, путь движения в здании [8].

Методология

Выделим основные условия создания безбарьерной среды для МГН, которые должны быть созданы у многоквартирных домов.

Моделирование линейных структур

Пешеходные дорожки, по которым передвигаются МГН, должны иметь ширину не менее 2 м. Это обеспечит не только возможность разворота инвалидов при смене направления движения, но и сможет разграничить возможные потоки движения жителей дома, тем самым инвалидная коляска не будет мешать обычным гражданам, что существенно снизит возможные конфликтные ситуации. Все пешеходные дорожки должны иметь твердое покрытие, не иметь сколов и выбоин.

При съезде с тротуара высота бордюрного камня не должна превышать 15 см, в ином случае МГН не смогут спуститься без помощи сопровождающих.

Моделирование узловых структур

Нередко пешеходные дорожки у многоквартирных домов могут быть с лестницами. В этом случае ширина ступеней должна быть не менее 1,35 м, а глубина - не менее 0,4 м. Лестничный марш включает в себя 3-12 ступеней и не может меняться в конкретно взятой конструкции. Кроме того, на лестницы рекомендуется наносить тактильную разметку из холодного пластика, которая необходима для слабовидящих и незрячих людей (рис. 1).



Рис. 1 – Пандусы и разметка лестницы для подъема МГН [9]

Важно оборудовать пандусы, которые сделают подъем МГН безопасным. Следует отметить, что наличие пандусов в административных зданиях, магазинах становится привычным. Согласно данным мониторинга, лишь 5-6% современных многоквартирных домов оборудованы пандусами, но их наличие важно для передвижения маломобильных граждан.

Особые требования предъявляются к входной двери в подъезд или в магазин шаговой доступности. Ширина дверного проема должна составлять не менее 1,2 м. Порог не должен быть выше 15 см. В ином случае МГН не смогут пройти в здание. Кроме того, вход в подъезд обязательно должен быть оборудован перилами, изготовленными из материала, не вызывающего скольжение рук.

Моделирование вертикальных коммуникаций

Особые требования предъявляются к лифту, который будет перевозить МГН. Лифтовой проем должен быть не менее 950 мм, а ширина кабины – 1500 мм. Несоблюдение нормативов и их уменьшение приведет к тому, что

представитель МГН или не сможет без посторонней помощи спуститься на улицу. Для МГН, живущих на верхних этажах жилых домов подобная ситуация приведет к тому, что люди перестанут выходить во двор жилого дома и будут лишены возможности общения и прогулок.

Моделирование ареальных структур

Во дворе многоквартирного дома следует предусмотреть 2-3 парковочных места для автомобилей, которые перевозят МГН. Эти места стоянки должны быть обозначены специальными знаками и быть свободными от автомобилей обычных граждан. Возможно, парковочные места не будут занятыми МГН и останутся пустыми, но жители многоквартирного дома должны понимать и уважать права особенных людей, относиться к ним толерантно (рис. 2).



Рис. 2 – Места для парковки МГН во дворе многоквартирного дома [10]

Во дворе многоквартирного дома обычно проектируется детская площадка. Важно предусмотреть места для отдыха МГН. Безусловно, их количество будет зависеть от величины пространства для досуга жителей. Но предусмотреть 2-3 места для отдыха МГН, пожилых граждан, оборудовать их урнами не составит труда для проектировщиков. Зоны отдыха для МГН должны содержаться в чистоте, за что несет ответственность Управляющая компания или ТСЖ (рис. 3).

Рекомендуется места для сидения маломобильных граждан устанавливать на расстоянии 3-4 метров от детской площадки, что обеспечит не только комфорт их отдыха, но и важно для соблюдения социальной дистанции в период пандемии, карантина [7, С. 105-106].



Рис. 3 – Организация зоны отдыха во дворе многоквартирного дома [11]

Моделирование буферных территорий

Жизнь МГН не должна ограничиваться пространством их квартиры или двора многоквартирного дома. При проектировании общественной территории у многоквартирного дома следует учитывать безопасность выхода в город.

Из двора многоквартирного дома должна проектироваться полоса движения для МГН, ширина которой в дальнейшем не будет меняться по пути всего следования по улице, за исключением стесненных участков, которые невозможно изменить при проектировании. Не допускаются решетки, припаркованные автомобили, открытые двери зданий и прочие препятствия, которые могут возникнуть по пути следования маломобильных граждан. Важным условием является то, что выход из двора многоквартирного дома для МГН не должен вести к автомобильной дороге с интенсивным движением [6, С. 140].

Несмотря на то, что улица не является территорией многоквартирного дома, проектировщик общественного пространства обязан предусмотреть ближайший возможный переход через дорогу для МГН с дополнительной светофорной сигнализацией и дальнейший путь следования к больнице, магазину, автобусу и т. д.

Заключение

Доступная безбарьерная среда и ее создание требует материальных вложений для реконструкции жилых объектов, лифтов, дверей и т. д., но ее значение сложно переоценить, так как человек с проблемами со здоровьем сможет ощутить себя представителем общества, соблюдение интересов и потребностей которого важны не только для него, но и для воспитания гуманизма граждан России.

Существует ряд условий для организации общественного пространства у многоквартирных домов с учетом потребностей МГН. В России создание безбарьерной среды находится в начальной стадии своего формирования, но ее организация будет способствовать расширению социальных связей МГН с социумом, а у обычных граждан – воспитанию толерантности, гуманизма и единения с маломобильными людьми.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. «Конституция Российской Федерации» (принята всенародным голосованием 12.12.1993 с изменениями, одобренными в ходе общероссийского голосования 01.07.2020). Система Консультант Плюс. [Электронный ресурс] – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_28399/ (дата обращения: 12.03.2022)
2. Брума Е. В. Технологии обеспечения экологически безопасной и доступной среды биосферно-совместимого города для маломобильных групп населения: автореферат дис. кандидата технических наук: 05.23.19 / Е. В. Брума. Юго-Зап. гос. ун-т. - Курск, 2014. - 19 с.
3. Баштанар А. В. Принципы адаптации городских территорий с учетом жизнедеятельности маломобильных групп населения (на примере проспекта Мира г. Красноярск в границах улиц Вейнбаума и Сурикова): магистерская диссертация: 07.04.04 / А. В. Баштанар. — Красноярск: СФУ, 2016.
4. Наберушкина, Э. К. Мобильное гражданство инвалидов в социальном пространстве города: дис. доктора социологических наук: 22.00.04 / Э. К. Наберушкина. Саратов. гос. техн. ун-т им. Гагарина Ю.А. - Саратов, 2013. - 411 с.
5. Шестопалов, Ю. П. Социальное проектирование доступной среды для маломобильных граждан: дис. кандидата социологических наук: 22.00.08 / Ю. П. Шестопалов. Воен. ун-т. - Москва, 2011. - 208 с.
6. Бейсекенева Д. Формирование безбарьерной среды открытых городских пространств / Д. Бейсекенева // Архитектурные исследования. - 2016. - № 2. - С. 133-145.
7. Карманова О. С. Исследование придомовой территории и жилого дома на соответствие правилам проектирования доступной среды для маломобильных групп населения / О. С. Карманова, В. И. Клевко // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. - 2016. - Т. 7, № 3. - С. 102-117.
8. СП 59.13330.2012 «Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения». [Электронный ресурс] – URL: <https://clck.ru/eyW85> (дата обращения: 12.03.2022)
9. Исследование контента для адаптации входной группы [Электронный ресурс] – URL: <https://nko-expert.ru/inspection-of-objects/questions-for-adapting-the-entrance-accessible-environment.html> (дата обращения: 12.03.2022)
10. Парковочные места для инвалидов [Электронный ресурс] – URL: <https://clck.ru/eyW9N> (дата обращения: 12.03.2022)
11. Разработка концепций развития территории [Электронный ресурс] – URL: <https://krupt.ru/development> (дата обращения: 12.03.2022)

Список литературы на английском языке / References in English

1. «Konstituciya Rossijskoj Federacii» (prinyata vsenarodnym golosovaniem 12.12.1993 s izmeneniyami, odobrennymi v hode obshcherossiyskogo golosovaniya 01.07.2020) [The Constitution of the Russian Federation]. Sistema Konsul'tantPlyus. [Electronic resource] – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_28399/ (accessed: 12.03.2022) [in Russian]
2. Bruma E. V. Tekhnologii obespecheniya ekologicheski bezopasnoj i dostupnoj sredy biosferno-sovmestimogo goroda dlya malomobil'nyh grupp naseleniya [Technologies for ensuring an environmentally safe and accessible environment of a biosphere-compatible city for low-mobility groups of the population]: avtoreferat dis. kandidata tekhnicheskikh nauk: 05.23.19 / E. V. Bruma. Yugo-Zap. gos. un-t. - Kursk, 2014. - 19 p. [in Russian]
3. Bashtanar A. V. Principy adaptacii gorodskih territorij s uchetom zhiznedeyatel'nosti malomobil'nyh grupp naseleniya (na primere prospekta Mira g. Krasnoyarska v granicah ulic Vejnbaua i Surikova) [Principles of adaptation of urban areas taking

into account the vital activity of low-mobility groups of the population (on the example of Mira Avenue in Krasnoyarsk within the boundaries of Veinbaum and Surikov streets)] *magisterskaya dissertatsiya*: 07.04.04 / A. V. Bashtanar. - Krasnoyarsk: SFU, 2016. [in Russian]

4. Naberushkina E. K. Mobil'noe grazhdanstvo invalidov v social'nom prostranstve goroda [Mobile citizenship of disabled people in the social space of the city]: *dissertatsiya doktora sociologicheskikh nauk*: 22.00.04 / E. K. Naberushkina. Mesto zashchity: Sarat. gos. tekhn. un-t im. Gagarina YU.A. - Saratov, 2013. - 411 p. [in Russian]

5. Shestopalov Y. P. Social'noe proektirovanie dostupnoj sredy dlya malomobil'nyh grazhdan [Social design of an accessible environment for low - mobility citizens]: *dissertatsiya kandidata sociologicheskikh nauk*: 22.00.08 / Y. P. Shestopalov. Voen. un-t. - Moskva, 2011. - 208 p. [in Russian]

6. Bejsekeneva D. Formirovanie bezbar'ernoj sredy otkrytyh gorodskih prostranstv [Formation of a barrier-free environment of open urbanspaces] / D. Bejsekeneva // *Arhitekturnye issledovaniya*. - 2016. - № 2. - P. 133-145. [in Russian]

7. Karmanova O. S. Issledovanie pridomovoy territorii i zhilogo doma na sootvetstvie pravilam proektirovaniya dostupnoj sredy dlya malomobil'nyh grupp naseleniya [Study of the house territory and a residential building for compliance with the rules of designing an accessible environment for low-mobility groups of the population] / O. S. Karmanova, V. I. Kleveko // *Vestnik Permskogo nacional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Stroitel'stvo i arhitektura*. - 2016. - Vol. 7, № 3. - P. 102-117. [in Russian]

8. SP 59.13330.2012 «Dostupnost' zdaniy i sooruzhenij dlya malomobil'nyh grupp naseleniya» [Accessibility of buildings and structures for low-mobility groups of the population] [Electronic resource] – URL: https://monchegorsk.gov/files/zhatelyam/dostupnaya_sreda/dokumenty/%D0%A1%D0%9F%2059.13330.2012..pdf [in Russian]

9. Issledovanie kontenta dlya adaptatsii vhodnoj gruppy [Content research for the adaptation of the input group] [Electronic resource] – URL: <https://nko-expert.ru/inspection-of-objects/questions-for-adapting-the-entrance-accessible-environment.html> (accessed: 12.03.2022) [in Russian]

10. Parkovochnye mesta dlya invalidov [Parking spaces for the disabled] [Electronic resource] – URL: <https://clck.ru/eyW9N> (accessed: 12.03.2022) [in Russian]

11. Razrabotka koncepcij razvitiya territorii [Development of concepts of territory]. [Electronic resource] – URL: <https://krupt.ru/development> (accessed: 12.03.2022) [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.118.4.108>**ИНТЕГРАЦИЯ ОЗЕЛЕНЕНИЯ В ОБЩЕСТВЕННЫЕ ПРОСТРАНСТВА ТРАНСПОРТНЫХ УЗЛОВ
НА ПРИМЕРЕ НОВОГО ТЕРМИНАЛА МОСКОВСКОГО ВОКЗАЛА В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ**

Научная статья

Демин А.В.^{1,*}, Григорьева Д.С.²^{1,2} Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Санкт-Петербург, Россия

* Корреспондирующий автор (2350389d[at]gmail.com)

Аннотация

Озеленение – это важная составляющая современных городов, которая делает городскую среду более гуманной, сомасштабной человеку, положительно влияет на самочувствие жителей, именно поэтому интеграция озеленения всё чаще становится одним из ключевых элементов новых проектов. Для качественной интеграции озеленения в городскую среду необходим комплексный подход, который будет учитывать как практическую сторону посадки и поддержания зелёных насаждений, так и концепцию конкретного проекта. В данной статье озеленение рассматривается как инструмент, способный выполнять различные функции, заявленные в проекте, одновременно повышая привлекательность проектируемого пространства для посетителей.

Второй терминал Московского вокзала проектируется в исторической застройке с рядом негативных по отношению к человеку факторов, и одна из задач проекта – сделать новый терминал привлекательным для посетителей.

Ключевые слова: озеленение, благоустройство, зелёный фасад, вокзал, гидропоника, биодренаж.

**INTEGRATION OF LANDSCAPING INTO PUBLIC SPACES OF TRANSPORT HUBS
BASED ON THE NEW TERMINAL OF THE MOSCOW RAILWAY STATION IN ST. PETERSBURG**

Research article

Demin A.V.^{1,*}, Grigoryeva D.S.²^{1,2} St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, St. Petersburg, Russia

* Corresponding author (2350389d[at]gmail.com)

Abstract

Landscaping is an important component of modern cities, which makes the urban environment more humane and has a positive effect on the well-being of residents, which is why the integration of landscaping is increasingly becoming one of the key elements of new projects. The qualitative integration of landscaping into the urban environment requires an integrated approach, which will take into account both the practical side of planting and maintaining green spaces, and the concept of a specific project. The current article considers landscaping a tool capable of performing various functions stated in the project, while simultaneously increasing the attractiveness of the projected space for visitors.

The second terminal of the Moscow railway station is being designed in a historical building with a number of negative factors in relation to a person, and one of the objectives of the project is to make the new terminal attractive to visitors.

Keywords: landscaping, landscaping, green facade, railway station, hydroponics, biodrainage.

Введение

Озеленение становится неотъемлемой частью современных городских пространств: в противовес крайне урбанизированным тенденциям предыдущих веков и десятилетий архитекторы при проектировании и ревитализации современных общественных пространств стараются вернуть природную составляющую в городскую среду. Активное использование озеленения – это один из способов создания комфортного и сомасштабного общественного пространства, который может использоваться как в благоустройстве территории вокруг проектируемого здания, так и внутри самого объекта проектирования [1, С. 200-216].

Актуальный участок проектирования второго терминала Московского вокзала – территория складов Северного общества – расположен среди плотной городской застройки, большая часть которой является исторической. Плотная квартальная застройка, прилегающие транспортные магистрали: Лиговский проспект и железнодорожные пути Московского вокзала – оказывают неблагоприятное воздействие на участок, провоцируя деградацию территории и неблагоприятную обстановку, в том числе и психологическую [2, С. 238-241], поэтому при проектировании необходимо задействовать инструменты, способные сохранить и приумножить положительные стороны участка, повысить его привлекательность для посетителей. Среди плюсов участка выделяются: историческая городская среда, малая этажность и существующее хаотичное озеленение (зелёные фасады и контейнеры) – все эти детали формируют дух места, который необходимо сохранить в проекте.

Озеленение имеет для данного участка особое значение: территория была озеленённой в течение почти двух веков с момента основания Санкт-Петербурга. До появления Николаевской железной дороги в 1850 г. на месте складов располагались регулярные сады, которые сохранялись, пока к Николаевскому (Московскому) вокзалу был построен один путь. С развитием железнодорожных путей к 1883 г. озеленение на участке исчезло, постепенно начали появляться всё новые хозяйственные, складские и технические постройки. В течение XX в. на Лиговском проспекте появлялся и исчезал озеленённый бульвар [3, С. 106-112].

Сейчас озеленение на участке представлено хаотичными посадками: это либо растения, выросшие у заброшенных корпусов, либо контейнерное озеленение, организованное арендаторами складов. Из ближайших к участку проектирования точек притяжения, связанных с озеленением, можно выделить сад Сан-Галли и зелёный бульвар по улице Черняховского.

Методы и принципы исследования

Проект нового терминала Московского вокзала должен поддержать существующий зелёный каркас и добавить озеленение на Лиговский проспект, создав новое общественное пространство в центре города: сомасштабное человеку и с ярко выраженной природной составляющей.

Для комплексного подхода к использованию озеленения необходимо:

1. классифицировать существующие приёмы по масштабу и функции,
2. исходя из анализа существующих приёмов необходимо выбрать подходящие для участка проектирования приёмы,

3. подобрать ассортимент растений для использования в проекте, предусмотрев возможные риски для растений, а также их соответствие общей концепции проекта.

1. Классификация приёмов озеленения по масштабу и функции.

Приёмы озеленения, которые можно использовать при проектировании, по масштабу можно разбить на три типа: точечное, поверхностное и крупное.

Точечное озеленение может служить таким функциям, как: микроразграничение пространства, акцентирование общественных пространств, акцентирование входных групп, создание точечных рекреаций, создание комфортного микроклимата и уюта внутри помещения. Основная характеристика точечного озеленения – это небольшой объём посадок, которые можно без труда осмотреть со всех сторон.

К поверхностному типу озеленения можно отнести как горизонтальные, так и вертикальные озелённые поверхности внутри и снаружи проектируемого здания. Поверхностное озеленение может выполнять следующие функции: акцентирование общественных пространств, создание ориентиров в пространстве, увеличение площади озеленения в условиях плотной застройки, создание рекреаций, компенсация утраченных зелёных зон при строительстве и разграничение пространства, которое сохраняется и зимой, и летом. Основной характеристикой данного типа озеленения является именно плоскостной характер озеленения.

Крупное озеленение – это большие группы растений, включающие в себя озеленение на нескольких уровнях. Такие группы выполняют следующие функции: создание точки притяжения, создание ориентиров в пространстве, разграничение пространства, шумозащита, создание буферных и рекреационных пространств, дренаж сточных вод. Для крупного озеленения характерно создание нескольких уровней озеленения.

2. Выбор подходящих для проекта приёмов.

Каждый тип озеленения может быть представлен в различных формах – конкретных архитектурно-дизайнерских приёмах.

Так, например, точечное озеленение внутри помещения может быть в виде: растений в горшках, «зелёных сталагмитов» (лиан, подвешенных на специальные конструкции) или стабилизированных растений (в тех помещениях, где имеется большое количество негативных факторов для живых растений) (см. рисунок 1).

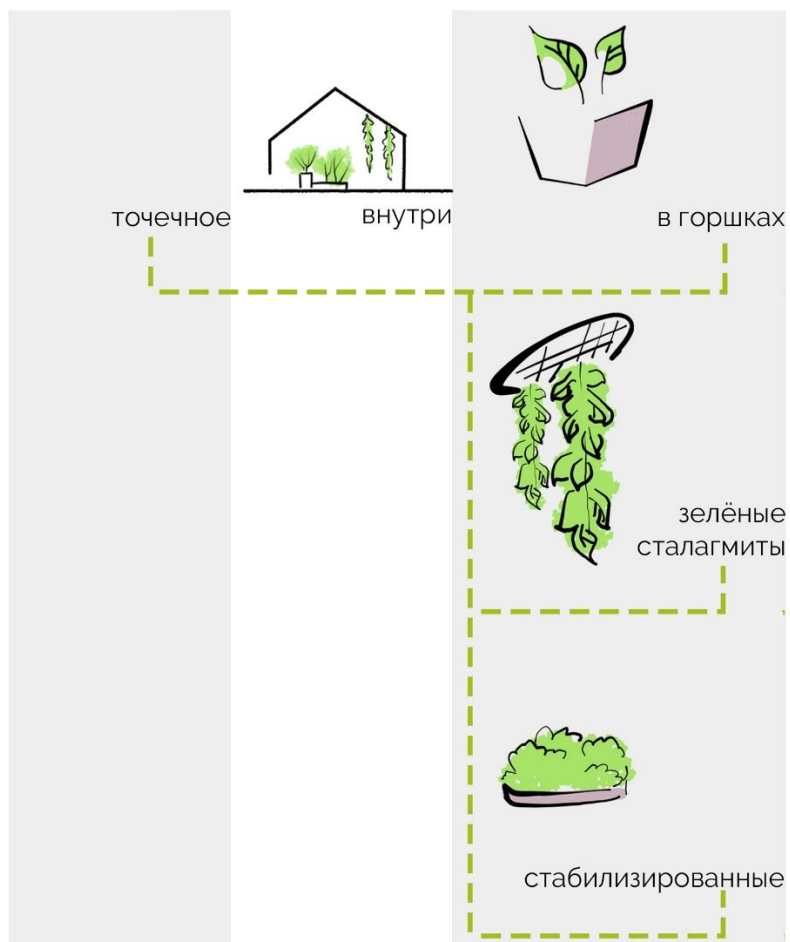


Рис. 1 – Точечное озеленение внутри помещения

Поверхностное озеленение внутри помещения может быть выполнено в виде зелёной стены: либо гидропоника с живыми растениями, либо стабилизированный мох (см. рисунок 2).

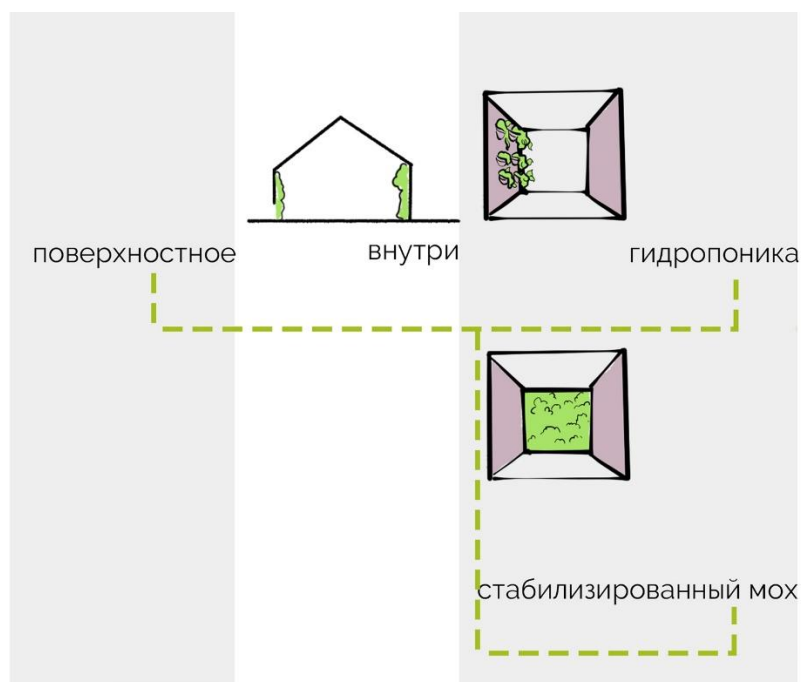


Рис. 2 – Поверхностное озеленение внутри помещения

Крупное озеленение внутри помещений можно выполнить в виде зимних садов – оранжерей и в виде ландшафтных композиций внутри помещения (см. рисунок 3).

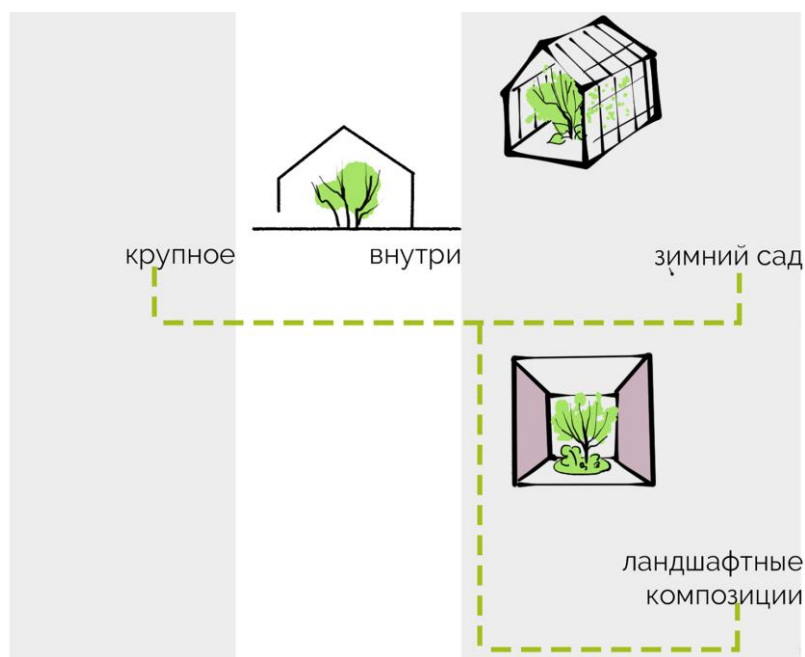


Рис. 3 – Крупное озеленение внутри помещения

Озеленение в благоустройстве также можно разделить по масштабу.

Для точечного озеленения в благоустройстве возможно использование кадок с растениями и небольших биотопов в малых архитектурных формах. В то время как озеленение в кадках носит временный характер: из-за небольшого объема грунта растения в кадках нельзя оставлять на улице в холодное время года, – биотопы в составе малых архитектурных форм могут находиться на улице всё время: больший объем грунта и возможность посадить несколько видов растений обеспечат защиту при минусовых температурах. Также биотопы в составе малых архитектурных форм можно совместить со скамейками и навигацией (см. рисунок 4).

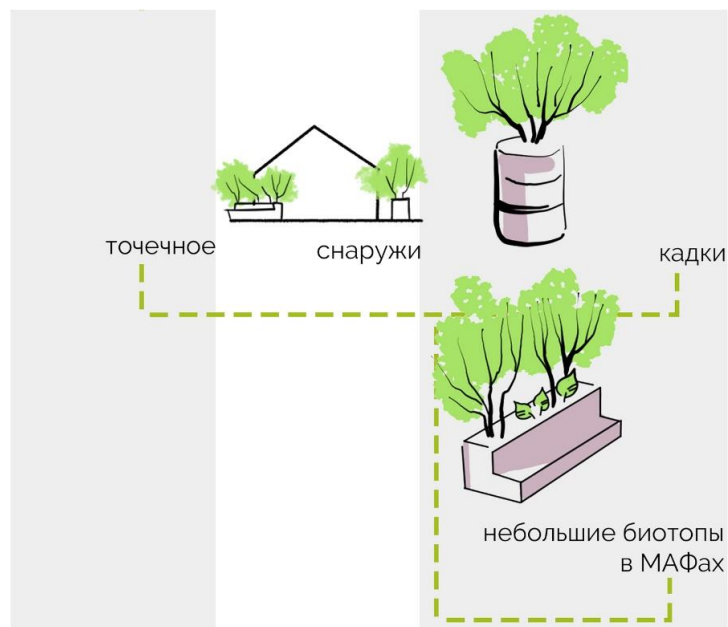


Рис. 4 – Точечное озеленение в благоустройстве

В качестве поверхностного озеленения в благоустройстве выступают следующие элементы: зелёные фасады (лианы на дополнительных опорах – специальном каркасе), лужайки (горизонтальное озеленение в один уровень – место для рекреации), почвопокровные травы (озеленение в два уровня: почвопокровные кустарники и злаковые многолетники), экстенсивное озеленение кровли (см. рисунок 5).



Рис. 5 – Поверхностное озеленение в благоустройстве

Крупное озеленение в благоустройстве представлено следующими элементами: озеленение в два уровня (деревья и почвопокровные кустарники), озеленение в три уровня (деревья, кустарники и злаковые многолетники, почвопокровные кустарники) и биодренажи (специально подобранные группы растений, фильтрующие сточные воды), интенсивное озеленение кровли (см. рисунок 6).

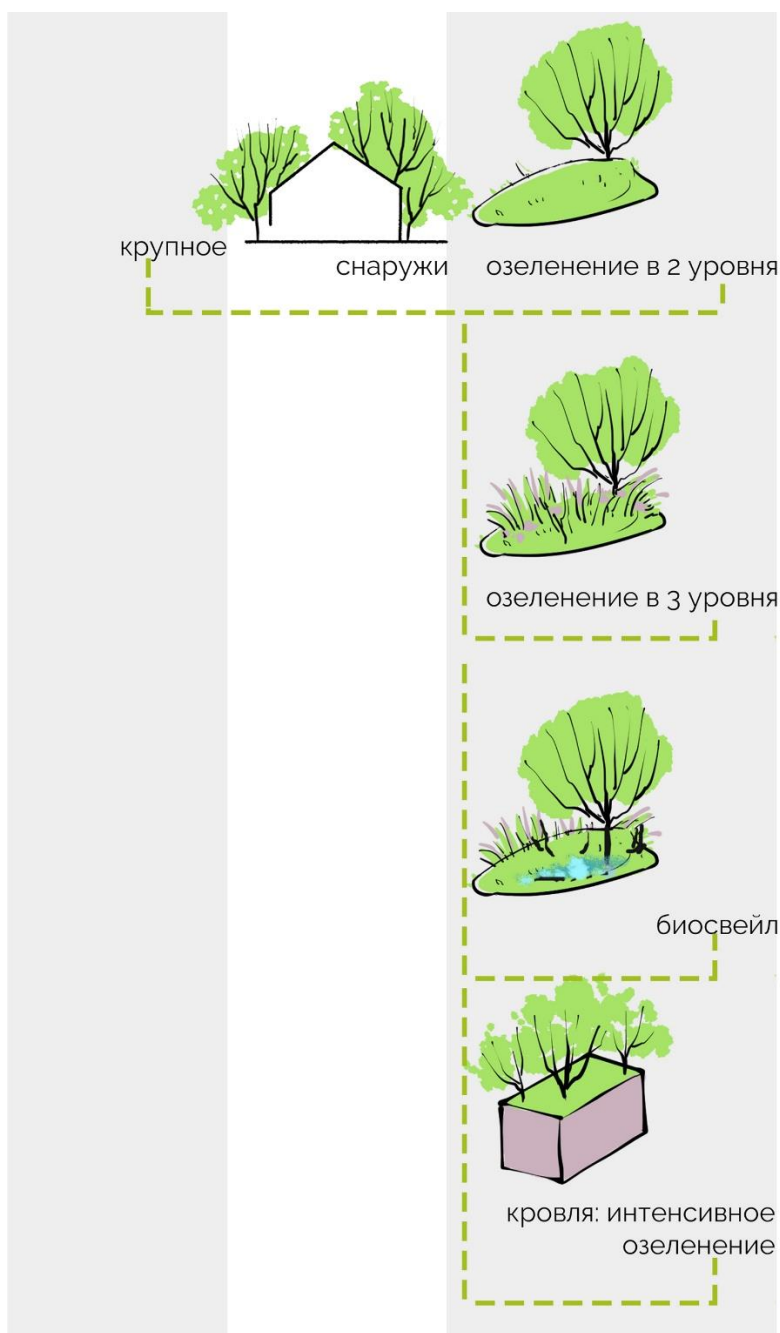


Рис. 6 – Крупное озеленение в благоустройстве

Основные результаты

Каждый из обозначенных приёмов может выполнять разные функции, а для каждой функции можно подобрать несколько вариантов решения. Так, например, для транзитной функции можно задействовать фоновое озеленение (газоны, цветники, расположенные вдоль дорог) или подобрать более сложный приём с добавочной функцией: к примеру, при необходимости отгородить пешеходный маршрут от технической площадки того или иного здания используется буферное озеленение, а для разграничения потоков применяются малые архитектурные формы с встроенными кадками для растений (см. рисунок 7).

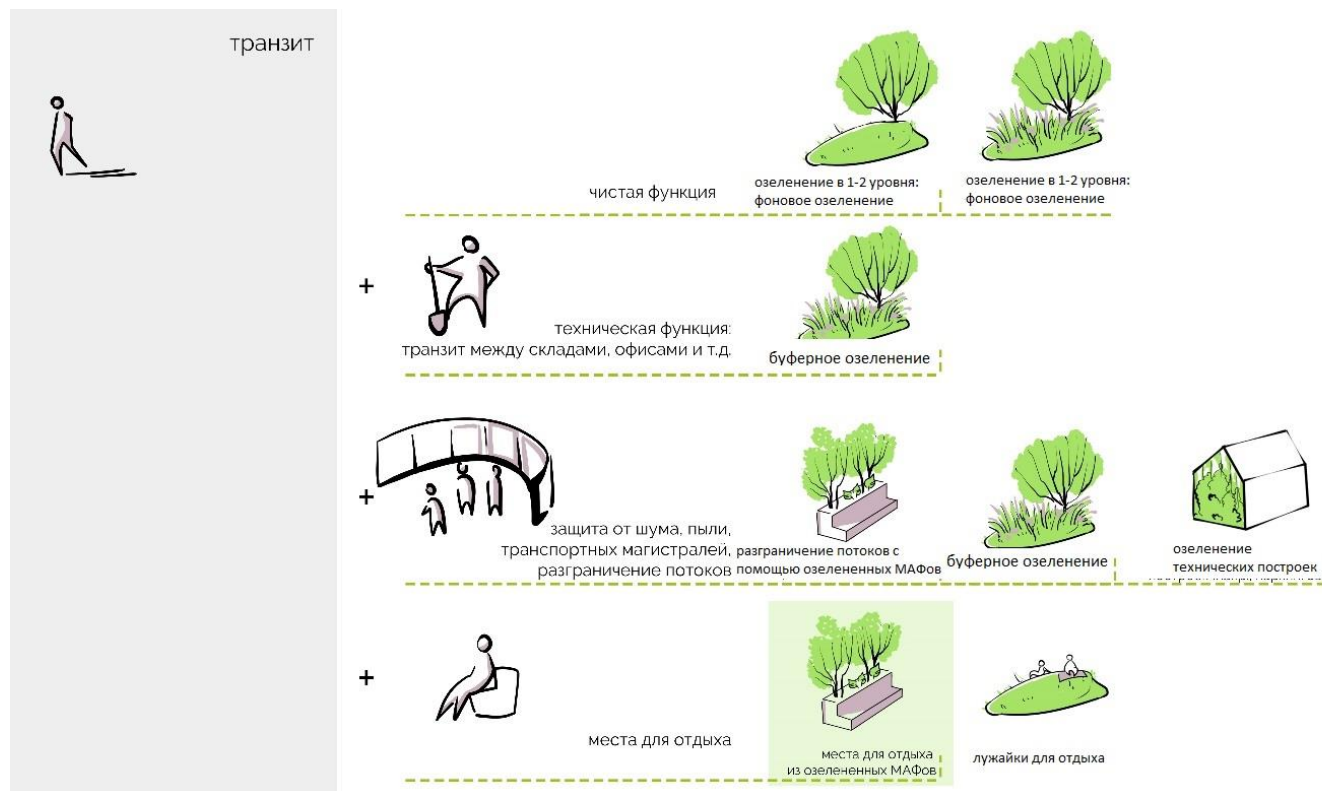


Рис. 7 – Подбор приёмов озеленения для решения отдельной функциональной задачи

Для выбора целесообразных для проекта приёмов необходимо следовать следующему алгоритму:

1. выделить существующие и проектируемые функции,
2. выделить для каждой функции приёмы озеленения,
3. из выделенных приёмов выбрать наиболее актуальные варианты для проекта.

Следуя данному алгоритму, можно подобрать наиболее подходящие для озеленения приёмы, отвечающие функциональным запросам проектируемого объекта (см. рисунок 8).

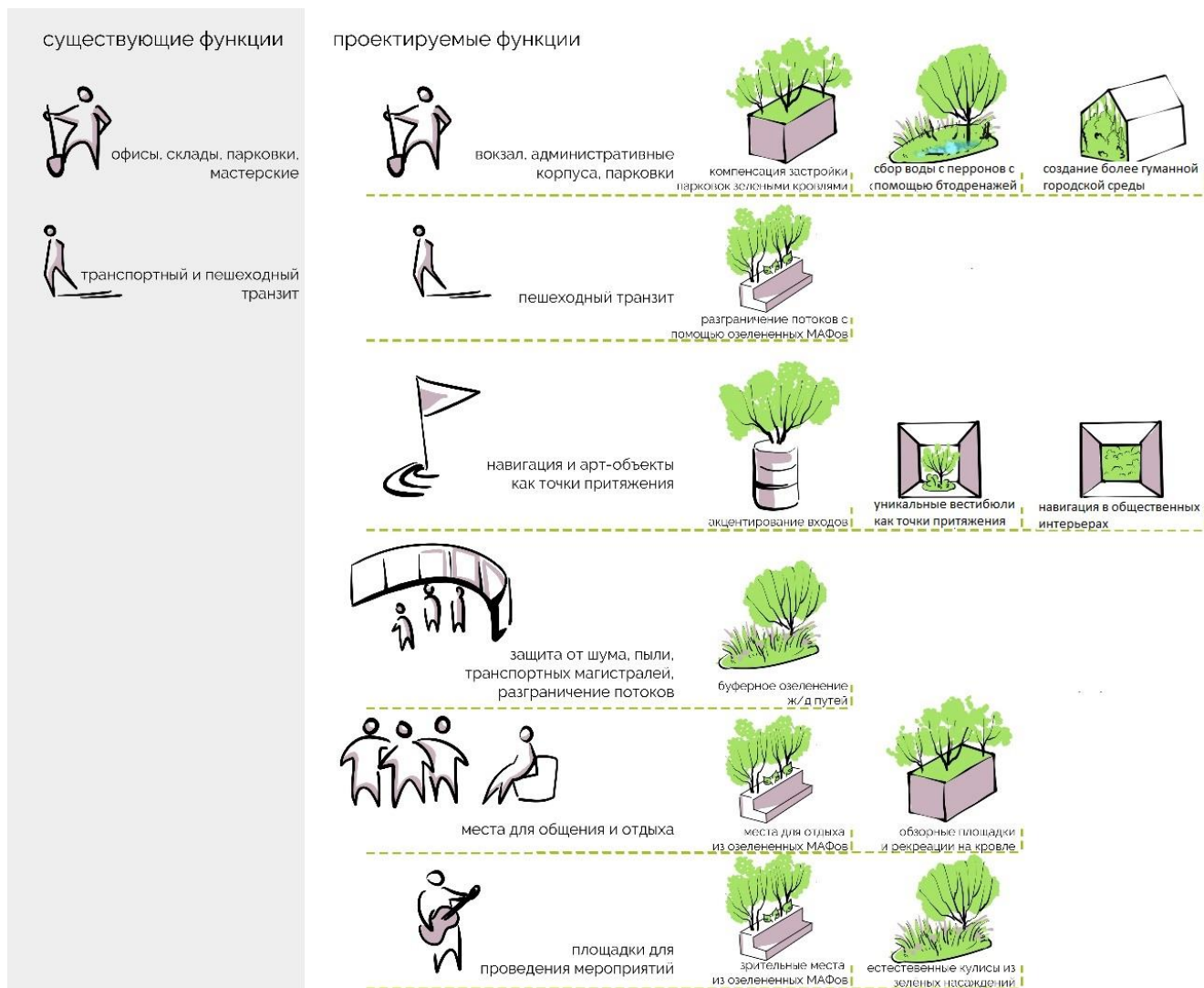


Рис. 8 – Функциональное наполнение проекта и выбор приёмов на примере проекта нового терминала Московского вокзала

2. Подбор ассортимента растений для проекта второго терминала Московского вокзала.

Подбор ассортимента растений выполняется не только с практической точки зрения: перенесут ли растения условия, в которых расположен объект проектирования, – но и с учётом эстетической составляющей.

Проект нового терминала Московского вокзала – Московский 2.0 – предполагает создание единого комплекса, объединяющего в себе терминал для высокоскоростных поездов и общественное пространство: гостиницу, рестораны, офисы и событийную площадку. Таким образом вся территория проектирования делится на две основные подзоны: вокзальную и событийную. Данные подзоны отличаются не только по наполнению, но и по дизайн-коду: главным отличием становится цветовая гамма для акцентов. Для вокзальной части основные цветовые акценты – пурпурно-розовые, для общественно-деловой – жёлто-зелёные, и данную цветовую дифференциацию важно сохранить и в озеленении: именно поэтому важным параметром при подборе ассортимента стала цветовая гамма листьев, веток и соцветий.

Для озеленения внутри помещений целесообразно использовать такие растения, как:

- эпипренум золотистый (*Epipremnum aureum* G.S.Bunting) – в горшках, цвет – ярко-зелёный,
- zamioculcas zamiifolia (*Zamioculcas zamiifolia* EngL) – в горшках, цвет – тёмно-зелёный,
- плющ обыкновенный (*Hedera helix* L.) – «зелёные сталагмиты», цвет – зелёный,
- хойя мясистая (*Hoya camosa* R.Br.) – «зелёные сталагмиты», цвет – светло-зелёный с бледно-розовыми соцветиями,
- стабилизированный мох ягель – логотипы, декоративные элементы или навигация из стабилизированных растений, зелёные стены, цвет – варьируется в зависимости от красителя,
- хлорофитум хохлатый (*Chlorophytum comosum* Jacques) – гидропоника, цвет – жёлто-зелёный,
- циссус антарктический (*Cissus Antarctica* Vent.) – гидропоника, цвет – тёмно-зелёный,
- балеарский самшит (*B. balearica* Willd.) – зимний сад, цвет – зелёный с бледно-жёлтыми соцветиями,
- кофейное дерево (*Coffea Arabica* L.) – зимний сад, цвет – тёмно-зелёный с белыми соцветиями и тёмно-алыми плодами,
- лимон (*Citrus limon*) – ландшафтные композиции внутри помещения, цвет – светло-зелёный, с белыми соцветиями и жёлтыми плодами,

• бугенвиллея Дабл Ред (*Bougainvillea Double Red*) – ландшафтные композиции внутри помещения, цвет – зелёный с пурпурными соцветиями.

Данные растения обладают достаточной устойчивостью для содержания в закрытом грунте в условиях постоянного колебания температур, сухого воздуха и большого количества посетителей.

Для озеленения при благоустройстве участка, расположенного в Санкт-Петербурге, необходимо подобрать растения, которым подходит климат данного региона. Предлагаемый ассортимент включает в себя:

- падуб остролистный (*Ilex aquifolium*) – точечное озеленение в кадках, цвет – приглушённый зелёный с алыми плодами,
- лавр обыкновенный (*Laurus nobilis*) – точечное озеленение в кадках, цвет – приглушённый зелёный со светло-жёлтыми соцветиями,
- спирея японская Голдфлейм (*Spiraea japonica 'Goldflame'*) – биотопы в составе малых архитектурных форм, цвет – жёлто-зелёный с вкраплениями алого,
- спирея японская Голден Принцесс (*Spiraea japonica 'Golden Princess'*) – биотопы в составе малых архитектурных форм, цвет – светло-зелёный с розовыми соцветиями,
- виноград девичий пятилисточковый (*P. quinquefolia*) – зелёные фасады, цвет – в зависимости от сезона от зелёного до пурпурного,
- гортензия черешковая (*Hydrangea petiolaris*) – зелёные фасады, цвет – тёмно-зелёный с белыми соцветиями,
- бекмания обыкновенная (*Beckmannia eruciformis*) – лужайки, цвет – насыщенный зелёный,
- молиния голубая (*Molinia caerulea*) – озеленение в два-три уровня, цвет – дымчатый зелёный с сиреневыми метёлками,
- вейник остроцветковый (*Calamagrostis acutiflora 'Karl Foester'*) – озеленение в два-три уровня, цвет – приглушённый зелёный с пшеничными метёлками,
- очиток ложный (*Sedum spurium 'Roseum'*) – экстенсивное озеленение кровли, цвет – ярко-зелёный с розовыми соцветиями,
- очиток белый Мурале (*S. album Murale*) – экстенсивное озеленение кровли, цвет – багряный с белыми соцветиями,
- дерен белый Сибирика (*Cornus alba Sibirica*) – интенсивное озеленение кровли, цвет – ярко-алый,
- клён остролистный 'Принцтон Голд' (*Acer platanoides 'Princeton Gold'*) – интенсивное озеленение кровли, озеленение в два-три уровня, цвет – в зависимости от сезона от ярко-зелёного до жёлтого,
- ольха серая (*Alnus incana*) – озеленение в два-три уровня, цвет – приглушённо зелёный,
- клён татарский (*Acer tataricum*) – озеленение в два-три уровня, цвет – в зависимости от сезона от ярко-зелёного до ярко-красного,
- слива приземистая (*Prunus pumila var. depressa*) – озеленение в два-три уровня, цвет – ярко-зелёный,
- барбарис Тунберга 'Адмирал' (*Berberis thunbergii 'Admiral'*) – озеленение в два-три уровня, цвет – кораллово-розовый,
- ирис болотный махровый (*Iris florea plena*) – биодренажи, цвет – тёмно-зелёный с ярко-жёлтыми соцветиями,
- астильба китайская 'Пурпуркерз' (*Astilbe chinensis 'Purpurkerze'*) – биодренажи, цвет – ярко-зелёный с ярко-розовыми соцветиями.

Данные растения обладают достаточной устойчивостью к городским условиям, хорошо переносят зиму.

Заключение

На территории участка проектирования целесообразно использовать следующие приёмы:

- озеленение в два-три уровня: крупные посадки вдоль железнодорожных путей защитят событийную площадь от негативного воздействия железной дороги,
- зелёные фасады и озеленение кровли по интенсивному типу: данные приёмы актуальны в первую очередь в отношении проектируемого здания южной парковки: активное озеленение фасадов и кровли позволит сделать её частью буферного озеленения, а интенсивная эксплуатируемая кровля станет одной из рекреаций и смотровой площадкой,
- биодренажи: возможно размещение на перронах при условии создания системы стока дождевой воды с навесов над перроном,
- биотопы в малых архитектурных формах: организация небольших рекреаций на событийной площади и между корпусами складов,
- кадки: временное акцентное озеленение, к примеру, акцентирование отдельных входов у помещений под аренду,
- зелёные стены внутри зданий вокзала, гостиницы и ресторанов: в наиболее знаковых помещениях – живые растения в гидропонике, в менее знаковых или с большим количеством негативных факторов для растений – стабилизированные,
- ландшафтные композиции в интерьерах: в основном вестибюле вокзала возможно создание нескольких ландшафтных композиций, совмещённых с кафе и местами ожидания, – визитной карточки нового терминала.

Так использование озеленения в проекте нового терминала Московского вокзала способно создать более дружелюбную по отношению к человеку среду, поддержать существующий зелёный каркас, который в данный момент практически сходит на нет у площади Восстания, и стать ориентиром в пространстве для посетителей нового терминала, поддерживая концепцию цветовой дифференциации пространства.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Якубов Х.Г. Экологизация городского пространства и озеленение. Московский опыт / Х.Г. Якубов, А.В. Савенков // Сборник материалов XX международного научно-практического форума «Проблемы озеленения крупных городов». – М.: Издательство «Перо», 2018. – с.
2. Павлова В. А. Зеленые технологии и природа внутри здания / В.А. Павлова, А.А. Кашицына / В. А. Павлова // *Architecture and Modern Information Technologies*. – 2019. – №3(48). – С. 200-216.
3. Комарова Е. А. Влияние городских зеленых территорий на снижение девиантного поведения несовершеннолетних / Е. А. Комарова, Н. А. Керимова // *Архитектура и городская среда: сборник статей магистрантов*. Вып. 1. – СПб.: СПбГАСУ, 2019. – С. 238-241.
4. Григорьева Д. С. Преобразование территории вокзала: исторический и композиционный анализ территории вокруг Московского вокзала / Д. С. Григорьева, А. В. Демин // *Современные общественные пространства как инструмент развития городской среды: материалы III Межрегиональной научно-практической конференции [11–12 мая 2021 года]*. – СПб.: СПбГАСУ, 2021. – С. 106-112.
5. Смирнова З. И. Устойчивая живая красота: озеленение городских пространств / З. И. Смирнова // *Вестник университета Правительства Москвы*. – М., 2019. – №4(46) – С. 55-58.
6. Алексейчук Я. Д. Современные направления озеленения общественных интерьеров / Я. Д. Алексейчук, Н. А. Керимова // *Ландшафтная архитектура, строительство и обработка древесины. Материалы научно-технической конференции СПбГЛТУ по итогам НИР 2017 года ИЛАСиОД*. – СПб.: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», 2018. – С. 72-74.
7. Цымбал Г. С. К вопросу формирования ассортимента декоративных растений для использования в насаждениях г. Санкт-Петербурга / Г. С. Цымбал, Т. А. Трубачева // *Леса России: политика, промышленность, наука, образование. Материалы второй международной научно-технической конференции*. – СПб.: Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова, 2017. – С. 302-304.
8. Везико Л. А. Анализ ассортимента декоративных растений в исторических садах центральных районов Санкт-Петербурга / Л. А. Везико, Т. А. Трубачева // *Ландшафтная архитектура, строительство и обработка древесины. Материалы научно-технической конференции СПбГЛТУ по итогам НИР 2018 года ИЛАСиОД*. – СПб.: Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова, 2019. – С. 50-56.
9. Чуменкова В. Д. Красивоцветущие древесные растения в насаждениях Санкт-Петербурга (на примере Петроградского района) / В. Д. Чуменкова, Т. А. Трубачева // *Ландшафтная архитектура, строительство, дизайн и обработка древесины. Материалы I Всероссийской студенческой конференции-вебинара*. – СПб.: Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова, 2021. – С. 106-113.
10. Игнатьева М. Скандинавский опыт создания зеленых крыш с высоким биоразнообразием / М. Игнатьева, А. Бубнова // *Архитектура. Строительство. Дизайн*. – М.: Международная ассоциация союзов архитекторов, 2014. – №4(77) – С. 70-73.
11. Ботанический атлас растений Ленинградской области: сайт. – [Электронный ресурс]. URL: www.binran.ru/resursy/informatsionnyye-resursy/tekuschie-proekty/botatlas/ (дата обращения: 28.02.2022).

Список литературы на английском языке / References in English

1. Yakubov H.G. Ekologizatsiya gorodskogo prostranstva i ozelenenie. Moskovskij opyt [The Greening of City Spaces and Landscaping] / H.G. Yakubov, A.V. Savenkov // *Sbornik materialov XX mezhdunarodnogo nauchno-prakticheskogo foruma «Problemy ozeleneniya krupnyh gorodov»* [Conference proceedings of the XX International scientific and practical forum «Issues of landscaping in big cities»]. – 2018. P. 51-54. [in Russian]
2. Pavlova V.A. Zelenye tekhnologii i priroda vntri zdaniya [Green Technologies and Nature Inside Building] / V.A. Pavlova, A.A. Kashitsina // *Architecture and Modern Information Technologies*. – 2019. – № 3(48). – P. 200-216. [in Russian]
3. Komarova E.A. Vliyanie gorodskikh zelenykh territorii na snizhenie deviantnogo povedeniya nesovershennoletnikh [Influence of urban greenery on decrease of deviant behavior of minors.] / E.A. Komarova, N.A. Kerimova // *Arkhitektura i gorodskaya sreda: sbornik statei magistrantov* [Architecture and urban design: Digest of articles of Master's Degree students]. – 2019. – № 1. – P. 238-241. [in Russian]
4. Grigoreva D.S. Preobrazovanie territorii vokzala: istoricheskii i kompozitsionnyi analiz territorii vokrug Moskovskogo vokzala [Transformation of railway station's areas: historical and compositional analysis.] / Grigoreva D.S., Demin A.V. // *Sovremennye obshchestvennye prostranstva kak instrument razvitiia gorodskoi sredy: materialy III Mezhregionalnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (11-12 maia 2021 goda)* [Modern public spaces as an tool of urban space's transformation: conference proceedings of the 3d Interregional scientific conference (11-12 May 2021)]. – 2021. – P. 106-112. [in Russian]
5. Smirnova Z. I. Ustojchivaya zhivaya krasota: ozelenenie gorodskikh prostranstv [Sustainable Live Beauty: Landscaping of Urban Spaces] / Z. I. Smirnova // *Vestnik universiteta Pravitel'stva Moskvyy* [Bulletin of Moscow State University]. – 2019. – P. 55-58.
6. Alekseychuk Y. D. Sovremennye napravleniya ozeleneniya obshchestvennykh inter'eroev [Modern Ways of Landscaping of Public Interiors] / Y. D. Alekseychuk, N. A. Kerimova // *Landshaftnaya arhitektura, stroitel'stvo i obrabotka drevesiny. Materialy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii SPbGLTU po itogam NIR 2017 goda ILASiOD* [Landscape architecture, construction and woodworking. Conference proceedings of the scientific and technical conference of St. Petersburg State Forest Technical University following the results of research in 2017]. – 2018. – P. 72-74. [in Russian]
7. Cymbal G. S. K voprosu formirovaniya assortimenta dekorativnykh rasteniy dlya ispol'zovaniya v nasazhdeniyah g. Sankt-Peterburga [Issues of Forming a Range of Ornamental Plants for Use in Landscaping of St. Petersburg] / G. S. Cymbal, T. A. Trubacheva // *Lesa Rossii: politika, promyshlennost', nauka, obrazovanie. Materialy vtoroj mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferentsii* [Forests of Russia: politics, industry, science, education. Conference proceedings of the second International scientific and technical conference]. – 2017. – P. 302-304. [in Russian]

8. Veziko L. A. Analiz assortimenta dekorativnyh rastenij v istoricheskikh sadah central'nyh rajonov Sankt-Peterburga [Analysis of the Range of Ornamental Plants in the Historical Gardens of the Central District of St. Petersburg] / L. A. Veziko, T. A. Trubacheva // Landshaftnaya arhitektura, stroitel'stvo i obrabotka drevesiny. Materialy nauchno-tekhnicheskoy konferencii SPbGLTU po itogam NIR 2018 goda ILASIOD [Landscape architecture, construction and woodworking. Conference proceedings of the scientific and technical conference of St. Petersburg State Forest Technical University following the results of research in 2018]. – 2019. – P. 50-56. [in Russian]
9. Chumenkova V. D. Krasivocvetushchie drevesnye rasteniya v nasazhdeniyah Sankt-Peterburga (na primere Petrogradskogo rajona) [Beautiful Flowering Tree Plants in the Plants of St. Petersburg (On The Example Of The Petrograd District)] / V. D. Chumenkova, T. A. Trubacheva // Landshaftnaya arhitektura, stroitel'stvo, dizajn i obrabotka drevesiny. Materialy I Vserossijskoj studencheskoj konferencii-vebinara [Landscape architecture, construction and woodworking. Conference proceedings of the All-Russian Student Conference-Webinar]. – 2021. – P. 106-113. [in Russian]
10. Ignat'eva M. Skandinavskij opyt sozdaniya zelenyh krysh s vysokim bioraznoobraziem [Scandinavian Experience of Creating Green Roofs With a High Level of Biodiversity] / M. Ignat'eva, A. Bubnova // Arhitektura. Stroitel'stvo. Dizajn [Architecture. Construction. Design]. – 2014. – №4(77) – P. 70-73. [in Russian]
11. Botanicheskij atlas rastenij Leningradskoj oblasti [Botanical atlas of plants of the Leningrad region]. – [Electronic resource]. URL: www.binran.ru/resursy/informatsionnyye-resursy/tekuschie-proekty/botatlas/ (accessed: 28.02.2022). [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.118.4.109>

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА

Обзорная статья

Норина Н.В.*

ORCID: 0000-0003-3126-6648,

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Санкт-Петербург, Россия

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

Аннотация

В статье описывается история развития Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета. Подчеркнуто, что современные архитекторы и инженеры должны хорошо представлять те возможности, которыми располагали зодчие и строители разных эпох. Показано, каких результатов можно достичь в области подготовки архитекторов и строителей, если не будет нарушена связь времен. Отмечено, что бесценный опыт прошлого, безусловно, играет решающую роль при подготовке современных архитекторов и строителей. В статье описан опыт строительной школы прошлых лет, без знания которого немислимо развитие современного строительного дела.

Ключевые слова: российское строительное образование, архитектурное образование, инженерно-строительное образование, роль традиции в строительном образовании, опыт российской строительной школы.

ON THE DEVELOPMENT HISTORY OF THE ST. PETERSBURG STATE UNIVERSITY OF ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING

Review article

Norina N.V.*

ORCID: 0000-0003-3126-6648,

Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Saint Petersburg, Russia

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

Abstract

The article describes the history of the development of the St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering. It is emphasized that modern architects and engineers should be well aware of the opportunities available to architects and builders of different eras. The study shows what results can be achieved in the field of training architects and builders if the connection between time periods is not broken. It is noted that the invaluable experience of the past, of course, plays a crucial role in the training of modern architects and builders. The article describes the experience of the construction school of the past years, without the knowledge of which the development of modern construction is unthinkable.

Keywords: russian construction education, architectural education, civil engineering education, the role of tradition in construction education, the experience of the Russian construction school.

Введение

В истории Российского профессионального образования первый строительный вуз – Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет (СПбГАСУ) – занимает особое место. Труды многих поколений ученых и педагогов не пропали даром. Сегодня СПбГАСУ по научно-педагогическому потенциалу, возможностям учебной и материальной базы является одним из ведущих вузов, готовящим кадры для всей строительной отрасли России.

В своем развитии старейший строительный вуз пережил несколько периодов «смены вех» и к своему 190-летию подошел с мировой известностью и устойчивым авторитетом передовой, успешной архитектурно-строительной школы.

Методы

Статья написана на основе архивных материалов Центрального Государственного Исторического Архива Санкт-Петербурга. Фонд 184. Институт гражданских инженеров Императора Николая I (1842-1918г.г.).

Материалы статьи опираются также на работы профессора кафедры Истории и теории архитектуры СПбГАСУ С.П.Заварихина, который в свое время возглавил биографическое исследование Университета и одновременно являлся главным редактором «Архитектурного альманаха» – издания, освещающего различные аспекты историко-архитектурного процесса и рассказывающего об истории вуза [1].

Результаты

Дата 9 мая (27 апреля по старому стилю) 1832 г. считается временем основания Училища гражданских инженеров (УГИ) (рис.1). Курс прохождения обучения в продолжении 4-х лет был достаточным для того, чтобы выпускники училища впоследствии могли решать как инженерно-строительные, так и архитектурно-художественные задачи. На них возлагалось «содержание и устройство дорог и мостов, находящихся в гражданском ведомстве, и ровно производство всех прочих работ по оному, требующих некоторых познаний по части гидравлики и практической механики» [1].



Рис. 1 – Училище гражданских инженеров - Санкт-Петербургский Государственный Архитектурно-Строительный Университет. Исторический фасад

На первых двух курсах в систему обучения были введены общеобразовательные предметы: Закон Божий, русский и французский языки, чистописание, география и история. Изучение специальных дисциплин велось в такой последовательности: первый курс-арифметика, алгебра, геометрия и тригонометрия; второй - аналитическая геометрия, дифференциальное и интегральное исчисление, начертательная геометрия; третий - теоретическая механика, физика, теория сводов, архитектура; четвертый - прикладная механика, химия, архитектура, составление проектов и отчетности. Первым директором с 1832 по 1840 г. был генерал-майор Ф.А. Козен. С 1840 по 1842г. училищем руководил инженер-генерал-майор барон Притвиц. К преподаванию были приглашены профессора Института корпуса инженеров путей сообщения М.С. Волков, Я.А. Севастьянов, Н.Ф. Ястржембский, П.П. Мельников.

В 1836г. состоялся первый выпуск специалистов - 11 гражданских инженеров.

Вся гражданская строительная часть находилась в ведении Главного управления путей сообщения [2]. При академии художеств за счет Управления путей сообщения содержалось 50 воспитанников для обучения их зодчеству. Однако при отсутствии в составе Главного управления органа, курирующего процесс подготовки кадров, потребовался пересмотр системы обучения. 8 января 1841 г. было открыто Архитекторское училище, срок обучения в котором составлял 6 лет и делился на подготовительный и аналитический курсы.

Архитекторское училище просуществовало менее двух лет, т.к. раздельная подготовка инженеров-строителей и архитекторов противоречила российской практике: губернские, уездные и городские архитекторы и их помощники должны были уметь решать весь комплекс проблем и вопросов, связанных с текущим строительством.

Новое учебное заведение - Строительное училище (СУ) (1842-1862г.г.) было организовано по типу военных училищ. Целью Строительного училища была подготовка строителей:

- а) всякого рода архитектурных гражданских зданий;
- б) дорог, мостов и плотин, водопроводов, артезианских колодцев;
- в) фабрик, заводов, мельниц и других промышленных и хозяйственных учреждений [3].

Общее число воспитанников составляло 150 человек. Учебный курс состоял из шести классов. В первых пяти (от шестого до второго) преподавались теоретические науки, а в высшем (первом) повторяли теорию и занимались практическим изучением строительного искусства, включая составление проектов и смет.

В течение первых семи лет руководителем был все тот же Ф.К. Притвиц. Аналогом института проректоров по учебной работе и учебно-методических управлений был особый учебный комитет (полковник лейб-гвардии Литовского полка, барон Седеркрейц, инженер-полковник П.А. Языков, инженер-капитан К.И. Марченко).

В 1865 г. вся гражданская строительная часть страны была передана Министерству внутренних дел. Преобразования естественным образом затронули и систему подготовки кадров инженеров и архитекторов. 23 июля 1865 г. Строительное училище было передано в ведение МВД. Положенные по штату сотрудники военного звания замещались гражданскими, по преимуществу бывшими воспитанниками Строительного училища. Отменили вступительные экзамены по рисунку и черчению, что расширило возможности поступления, но отчасти снизило уровень выпускников. Преобразования в Строительном училище начал проводить в жизнь генерал-лейтенант А.Ф.Лишин, который был назначен директором училища в 1849 г. после кончины Ф.К. Притвица.

Продолжил же преобразования с 1873г. новый директор, выпускник училища профессор Р.Б. Бернгард. 1 августа 1877 г. было введено в действие разработанное Р.Б. Бернгардом Положение о Строительном училище, в соответствии с которым было образовано шесть профессорских кафедр, распределенных по трем дисциплинам: «Гражданская архитектура», «Строительное искусство» и «Строительная механика». На эти дисциплины полагалось 3 ординарных профессора, 3 экстраординарных профессора и преподаватели, число которых определялось действительными потребностями. Подготовка велась применительно к потребностям губерний. Неуклонно росло число желающих стать воспитанниками Строительного училища. Если в 1877 г. было подано 71 прошение и принято 23 человека, то в 1882 г. желающих поступить было 229 человек, принято - 61. Постоянное совершенствование учебных программ, введение новых инженерно-технических дисциплин, развитие научно-исследовательской базы училища позволило выпускать специалистов, способных решать задачи нового технического уровня [4].

10 декабря 1882 г. Высочайшим повелением училище переименовали в Институт гражданских инженеров (ИГИ). Срок обучения в институте составлял 5 лет. Занятия начинались 15 сентября и заканчивались 20 мая. На первых двух курсах преобладали естественно-научные дисциплины: физика, химия, математика, начертательная геометрия, статика и кинематика, минералогия, геодезия, параллельно шло рисование, акварельное рисование, архитектурное черчение, техническое рисование, ситуационное черчение, история архитектуры и архитектурных форм, общие начала строительного искусства. На последних курсах предусматривалось изучение архитектурно-строительных и инженерно-технических дисциплин: гражданской архитектуры, архитектурного проектирования, проектов сельской архитектуры, теоретической механики, приложения строительной механики к строительному искусству, отопления, вентиляции, дренажа, водоснабжения, мостов, эксплуатации железных дорог и др. [5], [6], [7].

Директором ИГИ с 1886 по 1896 г. был выпускник строительного училища 1859г. профессор Д.Д. Соколов.

С 1895 года должность директора ИГИ занял Н.В. Султанов, выпускник Строительного училища 1873г., строил для графа С.Д. Шереметьева, для Юсуповых, Воронцовых-Дашковых, Черкасских и других известных семей, выполнял императорские заказы, построил много храмов, монументов (самый значительный - памятник Александру 11 в Московском Кремле), написал несколько учебников по архитектуре.

Директором ИГИ с 1904 по 1905г. был крупный специалист по строительным материалам и строительной технологии, автор большого количества научных трудов и учебников, профессор В.В. Эвальд.

Программа на 1906-1907 учебный год включала следующие предметы: рисование, архитектурное черчение, архитектурные формы, гражданская архитектура, архитектурные проекты, история архитектуры, строительные материалы и работы, мосты, дороги, математика, теоретическая механика, статика сооружений, сопротивление материалов, гидравлика, канализация, водоснабжение, отопление, вентиляция, электротехника, метрология, геодезия, физика, химия, языки, статистика, общее законоведение, богословие.

В 1906 г. в ИГИ работало 10 профессоров (рис.2), каждый из которых отвечал за конкретное учебное направление. Директором ИГИ в 1905 - 1921 гг. был выпускник ИГИ 1885г. профессор В.А.Косяков. Наряду с преподавательской деятельностью строил самостоятельно и в соавторстве с братьями - гражданским инженером Вл.А. Косяковым и архитектором-художником Г.А. Косяковым. В Петербурге по его проектам сооружено около 20 объектов, также его перу принадлежат многочисленные научные труды и учебные пособия.

С 1882 по 1917 г. институт подготовил 1500 гражданских инженеров, работавших по всей России.

Наиболее известными зодчими - выпускниками СУ и ИГИ являлись: К.С. Афанасьев, К.Я. Маевский, П.О. Сальмонович, И.А. Мерц, А.Ю. Новицкий, П.С. Купинский, А.А. Бертельс, Н.В. Дмитриев, В.В. Никола, С.А. Баранкеев, А.П. Максимов, С.С. Козлов, Л.В. Шмеллинг, Г.В. Барановский, А.А. Гимпель, С.П. Кондратьев, С.В. Баниге, Л.П. Шишко, С.С. Кричинский, П.Н. Батуев, А.И. Дмитриев, А.И. Клейн, Н.В. Васильев, М.М. Перетяткович, А.Ф. Бубыр, А.И. Зазерский, С.И. Минаш, П.Ф. Алешин, К.И. Розенштейн, Н.Д. Каценеленбоген, В.А. Веснин, А.А. Веснин.

В 1918 г. был закрыт институтский храм и долгое время использовался как склад. С 1920 г. учились по сокращенной программе, качество подготовки резко пошло вниз [8].

В 1921 г. ИГИ перешел в ведение Главного управления профессионального образования. Система выборности директоров была отменена. Вместо скончавшегося В.А. Косякова на должность директора был назначен профессор Б.К. Правдик. В 1922 г. общее количество учащихся достигло 550 человек. Впервые весьма существенной оказалась «пролетарская прослойка» (80 человек).

С 1922 по 1926 г. директором ИГИ был крупнейший специалист - мостовик, основатель передовой школы мостостроения Г.П. Передерий.

В 1923 г. к названию Института гражданских инженеров добавлено слово Петроградский. Факультеты были реорганизованы в отделения, каждое отделение имело свои учебные планы, Специализация начиналась с 3 курса. Учебный процесс был крайне нестабильным, что было обусловлено многочисленными экспериментами.

После переименования Петрограда в Ленинград и после переименования Института по инициативе директора Г.П. Передерия была введена новая учебная система, согласно которой семестр делился на три «пятинедельника». Во время первой недели читались установочные лекции и выдавались задания. В течение следующих трех недель студенты занимались самостоятельно. В последнюю неделю читались заключительные лекции. Экзаменационные сессии и дипломные проектирование исключались.

От системы «пятинедельников» из-за ее сложности и малой эффективности в итоге отказались. Отказались также и от «бригадно-лабораторного» метода, утвержденного Главпрофобротом для всех вузов страны. Не выдержала испытания временем и система подекадного расписания.

1925 год стал началом реального преодоления десятилетнего кризиса института, вызванного обвалом экономики. В этом году диплом гражданского инженера получили 128 человек.

Общее количество студентов в начале 1926 г. составляло 867 человек, из них 97 женщин.

С 1926 по 1930 г. институтом руководил выпускник ИГИ 1891г. Дитрих А.И. В то время в институте было два отделения: инженерно-архитектурное и инженерно-санитарное. Функционировали следующие лаборатории: лаборатория по испытанию строительных материалов (заведующий - профессор В.В. Эвальд), физическая лаборатория, химическая лаборатория, геодезический кабинет, кабинет исследования воды. Работал музей и фундаментальная библиотека [9].

В начале 1929 г. открылось отделение фабрично-заводского строительства. Новая специальность формировалась сразу на четырех курсах, вначале обучение проводилось по общему плану, а на специализацию отводилось 650 часов.

Применялись лабораторно-бригадный и бригадно-групповой методы учебы, была отменена защита дипломных проектов, диплом заменялся выпускной работой, выполнявшейся бригадами, каждый член которой отвечал за свою часть работы.

15 апреля 1930 года ЛИГИ был передан в ведение Наркомата внутренних дел РСФСР, а 20 мая 1930 года институт получил новое название - Ленинградский институт коммунального строительства (ЛИКС). Новым директором был назначен 43-летний коммунист С.И. Краузе, имеющий начальное образование и специальность - слесарь-металлист.

Откликаясь на потребности народного хозяйства, институт в 1930г. провел первый массовый прием - 660 человек. Общее число студентов почти утроилось.

В 1931 г. на первый курс приняли 700 человек и провели очередную реорганизацию: вместо факультетов сформировали 8 отделений (инженерно-конструкторское, архитектурно-конструкторское, архитектурно-проектировочное, отопления и вентиляции, жилищное, организационно-плановое, организации и механизации строительных работ, эксплуатации коммунальных предприятий). Через год к этим специальностям добавились «Эксплуатация водопровода и канализации», «Банно-прачечные предприятия», «Очистка населенных мест».

С 3 января 1932 г. директором института стал Д.Г. Перминов - «выдвиженец» партии, вятский крестьянин, закончивший ЛИКС в 1930г. В сентябре 1932г. отделения укрупнили и превратили в факультеты во главе с деканами. Общее количество специальностей стало равно семи: «Архитектура жилых и общественных зданий», «Планировка и застройка населенных мест», «Организация и производство строительных работ», «Строительные конструкции», «Теплофикация, отопление и вентиляция», «Водоснабжение и канализация», «Планирование коммунального хозяйства и строительства». Восстановили зачетные сессии (дважды в год), дифференцированные оценки, дипломное проектирование с публичной защитой.

В 1935г., в связи с переводом на другую работу Перминова Д.Г., пост директора ЛИКС занял Упман Э.Э., который провел очередную реорганизацию. Были образованы 4 факультета: архитектурный, инженерно-строительный, инженерно-экономический и вечерний инженерно-строительный. В апреле 1936 года при институте была создана школа мастеров по художественной отделке зданий (просуществовала до 1941 г., выпустив сотни специалистов по штукатурно-лепному делу, малярно-декоративным работам, художественной обработке дерева и камня).

С 1936г. по 1937г. институт пользовался правом приема докторских диссертаций по всем специальностям, кроме экономических, т.к. в связи с унификацией экономического образования в стране осенью 1937г. был упразднен экономический факультет.

В 1938 г. институт возглавил Г.А. Чухманов, закончивший ЛИКС в 1931г., кандидат технических наук.

В 1939г. ЛИКС был передан в ведение Народного комиссариата по строительству.

К началу 1940-1941 учебного года на 22 кафедрах института работали 29 профессоров, 66 доцентов и старших преподавателей, 70 ассистентов, 29 преподавателей. Общее число работавших в институте достигало 400 человек. Численность студентов к концу этого учебного года составила 345 человек. Еще 350 человек занимались на рабфаке и в Училище художественной отделки зданий.

С 1931 по 1941гг. успешно защитили отделение аспирантуры и защитили кандидатские диссертации 62 человека. Учебный процесс обеспечивали 11 лабораторий и 17 кабинетов по всем основным специальностям. Фундаментальная библиотека насчитывала почти 36 тыс. томов, включая ценные книги и альбомы по архитектуре и строительному искусству.

Весной 1941 г. в структуру института входили четыре факультета: архитектурный, строительный, санитарно-технический и инженеров противопожарной обороны. Кроме факультетов работало отделение заочного обучения.

В марте 1941 г. было утверждено новое, более универсальное название вуза, вплоть до 1992 года он имел название - Ленинградский инженерно-строительный институт (ЛИСИ).

В первые дни войны начались защиты дипломов. 196 человек закончили институт и ушли воевать. В конце июня были мобилизованы 80 сотрудников и аспирантов, а также ряд студентов. Из числа сотрудников и студентов 130 человек записались в народное ополчение, 200 воспитанников ЛИСИ стали курсантами военных училищ или сразу были направлены в действующую армию. Всего в рядах армии и флота служили во время войны 950 студентов, сотрудников и выпускников ЛИСИ 1941г. Среди них - 150 девушек.

Ученые института выполнили 24 исследовательские темы по заказам военных.

14 мая 1942 года значительная часть профессоров, преподавателей и студентов института вместе с другими вузами города тремя эшелонами была эвакуирована в Ессентуки. Но в связи с оккупацией Ставрополя 6 августа пришлось всех переправить на Алтай, в Барнаул, где в тяжелых условиях Чухманову Г.А. удалось наладить учебный процесс, научно-исследовательскую работу и даже открыть механический факультет.

В Ленинграде осталась небольшая группа (около 15 человек) служащих, которым было поручено сберечь институт, сохранить его имущество и библиотеку.

18 января 1943 г. была прорвана блокада Ленинграда, а уже в октябре одним из первых городских вузов ЛИСИ возобновил свою деятельность на строительном, архитектурном и сантехническом факультетах. К январю 1944г. общее количество учащихся достигло 300 студентов.

В августе 1944г. в Ленинград вернулась большая часть барнаульского коллектива - 250 человек. К началу 1944-1945 учебного года количество студентов превысило 800 человек [10], [11].

В июне 1945 г. директором ЛИСИ стал профессор Г.В. Никитин, выпускник ИГИ 1921 г., крупный специалист по строительству гидроэлектростанций и заводов. В то время в институте работали 7 академиков, 27 докторов наук и профессоров, 43 доцента и кандидата наук, 79 ассистентов и преподавателей. Научные темы разрабатывали около 50 аспирантов. Были полностью восстановлены лаборатории и кабинеты. Появились новые лаборатории: металловедения, теплотехники, электротехники. Были созданы кабинеты инженерной геологии, иностранных языков, обработки металлов резанием, деталей машин и механизмов, военной подготовки, физкультуры и спорта. В 1946 году ЛИСИ перешел в ведение Министерства высшего образования СССР.

К началу 1948 г. все восстановительные работы в институте завершились.

В июне 1948 г. в должности директора института был утвержден Хомутецкий Н.Ф., который в период с 1927 по 1935 г. возглавлял молодежную группу Всероссийского объединения пролетарских архитекторов. Разработанный этой группой проект дома-коммуны на 2 тыс. человек получил вторую премию на городском конкурсе. Участник Великой Отечественной войны. После войны до 1972 г. заведовал кафедрой истории архитектуры и читал курс советской архитектуры.

В 1949 г. по предписанию Министерства высшего образования СССР была открыта специальность «Городское строительство и хозяйство (ГСХ)». К 1950 г. на пяти факультетах было 8 специальностей. На 34 кафедрах работали 180 преподавателей. Число студентов достигало 1300 человек.

В августе 1952 г. в должности ректора был утвержден профессор П.И. Боженков, выпускник Политехнического института 1929 г. Крупный специалист по силикатам и автоклавным технологиям. С конца 30-х занимал руководящие посты в правительственных структурах СССР. С 1941 по 1944 г. участвовал в строительстве военно-промышленных объектов в Стерлитамаке. Лауреат Ленинской премии. При нем кафедра ГСХ превратилась в самостоятельный факультет, просуществовавший до 1959 г. Были созданы военно-морской строительный факультет, просуществовавший до 1958 г., и курсы ускоренного обучения на строительном и автомобильном факультете.

В 1957 г. на расширенном заседании Ученого Совета ЛИСИ был торжественно отмечен 125-летний юбилей института [12]. К этому времени на семи факультетах обучалось почти 5 тыс. студентов; на 35 кафедрах работало более 300 преподавателей, проводивших занятия по 114 дисциплинам. Было подготовлено более 200 специалистов и 42 кандидата наук для зарубежных стран. Семь профессоров были удостоены почетных званий заслуженных деятелей науки и техники, четверо стали лауреатами Ленинской и Государственных премий.

Во второй половине 50-х годов в архитектурно-строительной сфере произошел глобальный переход к индустриальному домостроению, запрещались любые проявления стилизованных ретроспективизма («борьба с излишествами»). Это сопровождалось весьма болезненной перестройкой методики и программ обучения. Тем не менее, благодаря культурному заделу прошлого, преподаватели и выпускники проявили себя, как авторитетные зодчие и строители, и в новых условиях. Преподаватели, прошедшие школу архитектуры модерна, конструктивизма и ретроспективизма, всегда сохраняли реалистичный взгляд на архитектурную форму, ее связи с функцией, технологией, конструкцией. В педагогической деятельности утверждался взгляд на архитектора как на всесторонне образованного специалиста. Программы обучения предусматривали ликвидацию разобщенности в преподавании архитектуры и инженерных дисциплин, углубленное изучение истории архитектуры, освоение культурного наследия Петербурга.

В 1957 году произошла смена ректоров - руководить институтом стал профессор Е.И. Квасников, выпускник ЛИКСА 1931 г. Ранее работал на Горьковском автозаводе, в 1931-1934 г.г. проходил службу в рядах Красной армии. В 1934 г. он стал преподавателем кафедры деревянных конструкций.

После сдачи в эксплуатацию корпуса в переулке Бойцова, в этом здании разместились архитектурный факультет, лаборатория кафедры городского строительства, макетная мастерская, лепной класс и фотолaborатория.

В 1960 г. была открыта новая специальность «Эксплуатация автомобильного транспорта, в 1962 г. - специальность «Мосты и тоннели» [13].

С 1968 по 1974 гг. ректором ЛИСИ был кандидат архитектуры Яковлев Н.А., выпускник ЛИСИ 1953 г. В 1970 г. была открыта специальность «Техническая эксплуатация зданий», в 1971 г. - специальность «Строительство». В 1973 г. завершилось строительство нового здания строительного факультета [14].

Период с 1974 по 1985 гг. (ректор ЛИСИ - профессор Ильин В.П.) отмечен большими работами по реконструированию и новому строительству институтских площадей [15]. Появились новые лаборатории на кафедрах канализации, водоснабжения, охраны труда, физического воспитания, оснований и фундаментов, технологии строительных изделий и конструкций. При кафедре высшей математики была оборудована большая вычислительная лаборатория, а при кафедре оснований и фундаментов - отраслевая научно-исследовательская лаборатория по фундаментостроению (проф. Б.И. Далматов). Полезная площадь всех зданий института, построенных и реконструированных в период с 1947 по 1980 г. составила 60 тыс. кв. м.

В 1985 г. руководство институтом перешло профессору Г.Н. Шоршневу (ректор ЛИСИ в 1985 - 1990 гг.), который создал новые направления в области конструкций и расчетов специальных железобетонных сооружений, характеризующихся повышенным содержанием расчетной арматуры.

Начавшийся в стране период перестройки непосредственным образом отразился на работе вуза. Теряли свою незыблемость некоторые идеологические и профессиональные приоритеты. Начался процесс уменьшения бюджетного финансирования.

Сложная задача руководить институтом в условиях смены общественно-экономической формации в стране выпала на долю профессора Ю.П. Панибратова.

Статус университета вуз получил в 1993 г. Четыре его основных факультета: автомобильный, архитектурный, строительный и санитарно-технический - стали институтами, а их деканы - директорами. Соответственно были скорректированы учебные планы. Вырос объем дисциплин гуманитарного цикла. Среди других структурных преобразований - создание кафедры управления, факультета экономики и управления, кафедры организации строительства, кафедры охраны труда, факультета безотрывных форм обучения, факультета военного обучения.

В связи с переходом на новый расчетный норматив (10 студентов на преподавателя, вместо 8) в 1998-1999 учебном году произошло уменьшение штата на 13 % при одновременном увеличении учебной нагрузки на преподавателя с 720 до 760 часов на выпускающих и с 800 - 840 часов - остальных кафедрах. Экономический кризис сократил приток молодых специалистов.

Экономические трудности обусловили постепенное снижение контрольных цифр на очную форму обучения с 700 (1995) до 650 человек (1998). Но в начале 1999 г. вуз получил лицензию на право ведения образовательной деятельности по трем новым специальностям и план приема на 1999 г. был увеличен до 730 человек по очной форме обучения и 260 человек - по заочной [1].

Постоянно увеличивалось количество специальностей вуза. В 1994 г. на 1 курс принимали по 12 специальностям, а в 1999 г. - по 21 специальности и 4 магистерским программам. В 2000 г. была открыта подготовка еще по трем специальностям: «Проектирование зданий», «Экспертиза и управление недвижимостью», «Прикладная математика».

Количество студентов очной формы обучения в период с 1995 по 2001 гг. возросло с 3.5 до 4.2 тыс. человек. Общее количество студентов в 2001 г. составляло 5.5 тыс. человек, а в 2021г. - 13 031. В 2001 г. университет закончили 848 человек, в 2021 г. - 2783 выпускника [1], [16].

К 2021 г. работало более 20 учебных компьютерных классов и 11 учебных компьютерных центров. Фундаментальные и прикладные научные исследования, проводимые в университете, были представлены следующими:

В 2000 г. действовали 5 докторских и 6 кандидатских советов. С 2002 г. работали 6 докторских советов. Их полномочия охватывали 15 «докторских» специальностей и 17 «кандидатских» - по 5 отраслям.

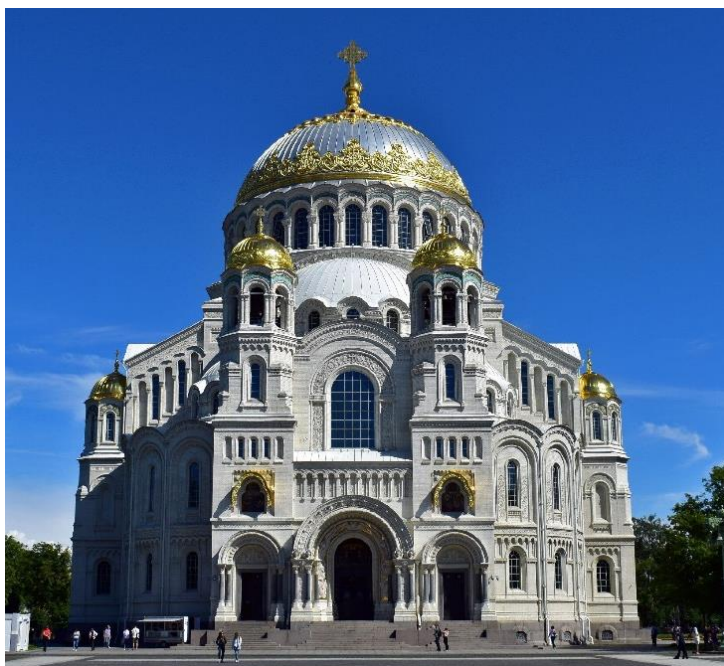
Трудный десятилетний период работы вуза явился настоящей «школой выживания». Однако удалось сохранить и даже повысить уровень научно-педагогической деятельности. Неизменным остался основной контингент преподавателей и профессоров.

Сегодня Университет достойно продолжает лучшие традиции высшей школы гражданских инженеров. Шедевры архитектурного искусства 18-19 веков были созданы выпускниками строительного училища и Института Гражданских Инженеров, на этих примерах обучались в СПбГАСУ и превратились в признанных мастеров архитектуры, наши современники, поддерживающие традиции российской школы гражданских инженеров: Полторацкий Е.М., Рейнберг М.А., Земцов Ю.И., Явейн Н.И., Романов О.С., Лукин В.П., Кондияйн М.О., Герасимов Е.Л., Мамошин М.А., Подгорнов Е.В., Ловкачев Д.В. (рис. 2, 3).

В состав вуза входят семь факультетов: архитектурный, строительный, автомобильно-дорожный, инженерной экологии и городского хозяйства, экономики и управления, судебных экспертиз и права в строительстве и на транспорте, безотрывных форм обучения, а также Институт повышения квалификации и профессиональной переподготовки специалистов, Институт безопасности дорожного движения, Институт проектирования и обследований строительных конструкций, зданий и сооружений, Институт строительно-технической экспертизы, Малый архитектурный факультет, подготовительные курсы, 40 кафедр, учебно-компьютерный центр, научно-техническая библиотека, Музей истории Университета, Музей петербургского кирпича и другие подразделения, обеспечивающие учебный процесс и научную деятельность.

Университет готовит специалистов по 47 программам бакалавриата, 13 программам специалитета, 41 программе магистратуры.

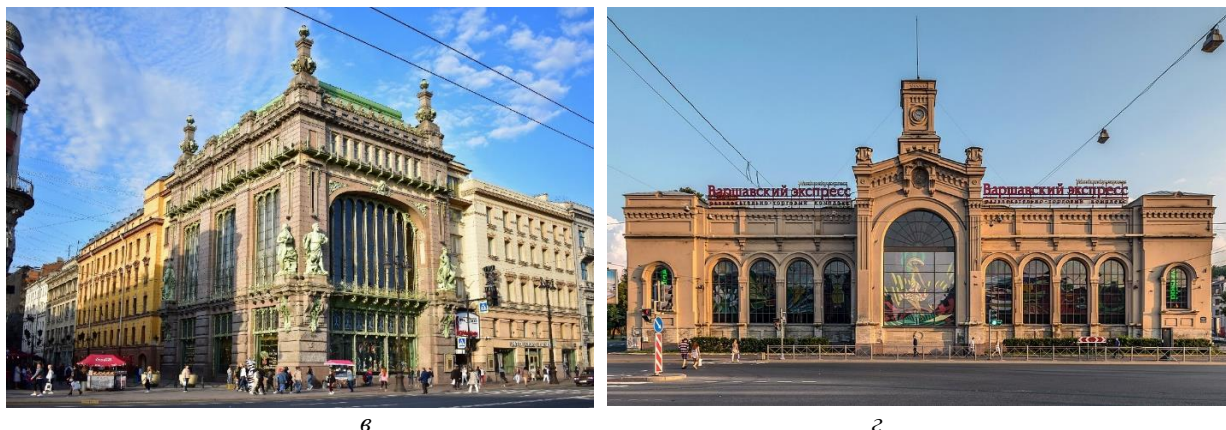
СПбГАСУ проводит исследования по основным научным направлениям в своей области, осуществляет межвузовское сотрудничество и имеет творческие связи с вузами Германии, Италии, Франции, Австрии, Польши, Финляндии, США, Китая и др., осуществляет издательскую деятельность по выпуску учебной, учебно-методической и научной литературы. Издаются научно-технический журнал «Вестник гражданских инженеров», журналы «Architecture and Engineering», «МастерОК», «Архитектурный альманах», многотиражная газета «За строительные кадры».



а



б



б

г

Рис. 2 – Шедевры архитектуры выпускников института гражданских инженеров:
а – архитектор Косяков В.А. Военно-морской собор в Кронштадте; б – архитектор Кричинский С.С. Соборная мечеть в СПб; в – архитектор Барановский Г.В. Доходный дом Елисеевых в СПб; г – архитектор Сальмонович П.О. Варшавский вокзал в СПб



а



б



в



г

Рис. 3 – Постройки современных архитекторов- выпускников СПбГАСУ:
а – архитектор Груздев Ю.П. Успенская церковь в СПб; б – архитекторы Земцов Ю.И., Кондаин М.О. Торговый комплекс «Невский центр» в СПб; в – архитектор Ахметханов Р. Коломяжская мечеть в СПб; г – архитектор Мамошин М.А. Бизнес-центр

В Университете трудятся свыше шестисот преподавателей, более 70 % из них имеют ученые степени и звания. Используются лицензионное программно-информационное компьютерное обеспечение учебного процесса, научно-инновационной и управленческой деятельности, аудиовизуальные технические средства обучения.

СПбГАСУ занял первое место в предметном рейтинге RAEX по направлению «Архитектура», 35 место в естественных науках в рейтинге RUR, 42 место среди вузов России в технических науках в рейтинге RUR, 51 место в сотне лучших вузов России по версии международного рейтингового агентства «Эксперт РА».

СПбГАСУ обладает необходимым и достаточным учебно-аудиторным фондом и учебно-спортивной базой, столовой, буфетами, общежитием, медико-профилактическим центром, имеет базу отдыха на берегу Ладожского озера.

Действуют Студенческий совет, Центр студенческого досуга и творчества, Служба содействия трудоустройству, Ассоциация выпускников СПбГАСУ.

Воспитательные задачи реализуются в научно-образовательной деятельности Университета с учетом его исторических традиций.

Вуз активно помогает Правительству Санкт-Петербурга в принятии научно обоснованных градостроительных решений, реконструкции центра города и его пригородов. Профессора и выпускники Университета внесли и продолжают вносить значительный вклад в строительство и реставрацию зданий Петербурга и других городов России. Выпускники вуза востребованы на строительном рынке, их ждут проектные организации и компании-застройщики Санкт-Петербурга и Северо-Запада России.

Ректор – доктор экономических наук, профессор Евгений Иванович Рыбнов, вице-президент Международной общественной организации содействия строительному образованию, Заслуженный работник высшей школы Российской Федерации, Почетный член Российской академии архитектуры и строительных наук.

Заключение

В статье представлен исторический анализ процесса подготовки архитекторов и инженеров-строителей в Санкт-Петербургском Архитектурно - Строительном Университете на протяжении веков с момента его основания. В России во все времена уделялось очень большое внимание обучению специалистов данного профиля, т.к. строительство — это один из самых современных видов деятельности, отвечающий социальным задачам «сегодняшнего» дня, базирующийся на «сегодняшних» теоретических знаниях и практических методах. В то же время современное строительство предназначено будущим векам и при этом не только и не столько в качестве материального воплощения замыслов архитектора и строителя, сколько в качестве идеи и эксперимента, которые в будущем могут стать нормой, открывая пути новым техническим и художественным идеям.

Миссия СПбГАСУ состоит в сохранении и приумножении традиций школы российских гражданских инженеров и уникальной градостроительной архитектурной среды Санкт-Петербурга и Российской Федерации; обеспечении инновационного развития страны в области архитектуры, строительства, транспорта и повышении качества жизни населения посредством подготовки высококвалифицированных, социально ответственных специалистов.

Сегодня Санкт-Петербургский Архитектурно-Строительный Университет является признанным лидером подготовки строительных кадров России и представляет собой истинное воплощение Российского Университета Созидания.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Юбилейная книга Санкт-Петербургского Архитектурно-Строительного Университета. 1832-2002 / Ответственный редактор - Ю.П.Панибратов. Редактор-составитель - С.П.Заварихин. Издательство «Арт-принт». 2002. 386 с.
2. Ленинградский институт инженеров железнодорожного транспорта. 1809-1859. - М., 1960.
3. Исторический очерк двадцатипятилетия Строительного училища. -СПб.,1867.
4. Краткий исторический очерк пятидесятилетия Института гражданских инженеров, бывшего строительного училища. – СПб., 1892.
5. Институт гражданских инженеров: Программы курсов. - СПб.,1892.
6. Юбилейное издание ИГИ «Гражданское зодчество». Ч.1 и 2: - СПб 1892.
7. Юбилейный сборник сведений о деятельности бывших воспитанников Института гражданских инженеров (1842-1892). - СПб., 1893.
8. Временный устав Института гражданских инженеров. - Пг., 1919.
9. Ленинградский институт гражданских инженеров имени Всесоюзного профессионального союза строительных рабочих в 95-ю годовщину его существования. - Л., 1927.
10. К столетию Ленинградского инженерно-строительного института 1842-1942.-Л., 1942.
11. К столетию ленинградского ордена Трудового Красного Знамени инженерно-строительного института. - Л., 1945.
12. Ленинградский ордена Трудового Красного Знамени инженерно-строительный институт за 125 лет (1832-1957).- Л., 1958.
13. Ленинградский инженерно-строительный институт: Краткая справка. Л., 1962.
14. ЛИСИ - науке и производству: Сб.статей.- Л., 1968.
15. Ленинградский ордена Трудового Красного Знамени инженерно-строительный институт. 1832-1982.- Л., 1982.
16. В университете состоялся выпуск. [Электронный ресурс]. URL: <https://sanktpeterburg.bezformata.com/listnews/sostoyalsya-vipusk-novosti-spbgasu/95184531/?> (дата обращения: 12.03.2022)
17. Архитекторы-строители Санкт-Петербурга середины XIX- начала XX века: Справочник / Под ред. Б.М.Кирикова. - СПб., 1996.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Jubilejnaja kniga Sankt-Peterburgskogo Arhitekturno-Stroitel'nogo Universiteta [Anniversary book of the St. Petersburg University of Architecture and Civil Engineering. 1832-2002] / Responsible editor - Yu.P.Panibratov. The editor-compiler is S.P. Zavarikhin. Art-Print Publishing House. 2002. 386 p. [in Russian]

2. Leningradskij institut inzhenerov zheleznodorožnogo transporta [Leningrad Institute of Railway Transport Engineers]. 1809-1859. - M., 1960. [in Russian]
3. Istoricheskij ocherk dvadcatipjatiletija Stroitel'nogo uchilishha [Historical sketch of the twenty-fifth anniversary of the Construction School]. - St. Petersburg, 1867. [in Russian]
4. Kratkij istoricheskij ocherk pjatidesjatiletija Instituta grazhdanskih inzhenerov, byvshego stroitel'nogo uchilishha [A brief historical sketch of the fiftieth anniversary of the Institute of Civil Engineers, a former construction school]. - St. Petersburg, 1892. [in Russian]
5. Institut grazhdanskih inzhenerov: Programmy kursov [Institute of Civil Engineers: Course programs]. - St. Petersburg, 1892. [in Russian]
6. Jubilejnoe izdanie IGI «Grazhdanskoe zozchestvo» [Anniversary edition of the IGI "Civil Architecture"]. Parts 1 and 2: - St. Petersburg 1892. [in Russian]
7. Jubilejnyj sbornik svedenij o dejatel'nosti byvshih vospitannikov Instituta grazhdanskih inzhenerov (1842-1892) [Anniversary collection of information about the activities of former students of the Institute of Civil Engineers (1842-1892)]. - St. Petersburg, 1893. [in Russian]
8. Vremennyj ustav Instituta grazhdanskih inzhenerov [Provisional Statute of the Institute of Civil Engineers]. - Pg., 1919. [in Russian]
9. Leningradskij institut grazhdanskih inzhenerov imeni Vsesojuznogo professional'nogo sojuza stroitel'nyh rabochih v 95-ju godovshhinu ego sushhestvovaniya [Leningrad Institute of Civil Engineers named after the All-Union Professional Union of Construction Workers on the 95th anniversary of its existence]. - L., 1927. [in Russian]
10. K stoletiju Leningradskogo inženerno-stroitel'nogo instituta [To the centenary of the Leningrad Institute of Civil Engineering 1842-1942].-L., 1942. [in Russian]
11. K stoletiju leningradskogo ordena Trudovogo Krasnogo Znameni inženerno-stroitel'nogo instituta [To the centenary of the Leningrad Order of the Red Banner of Labor of the Civil Engineering Institute]. - L., 1945. [in Russian]
12. Leningradskij ordena Trudovogo Krasnogo Znameni inženerno-stroitel'nyj institut za 125 let (1832-1957) [Leningrad Order of the Red Banner of Labor of the Civil Engineering Institute for 125 years (1832-1957)].- L., 1958. [in Russian]
13. Leningradskij inženerno-stroitel'nyj institut: Kratkaja spravka [Leningrad Civil Engineering Institute: Brief reference]. L., 1962. [in Russian]
14. LISI - nauke i proizvodstvu [LISI - science and production]: Collection of articles.- L., 1968. [in Russian]
15. Leningradskij ordena Trudovogo Krasnogo Znameni inženerno-stroitel'nyj institut. 1832-1982 [Leningrad Order of the Red Banner of Labor Institute of Civil Engineering. 1832-1982].- L., 1982. [in Russian]
16. V universitete sostojalsja vypusk [Graduation took place at the university]. [Electronic resource]. URL: <https://sanktpeterburg.bezformata.com/listnews/sostoyalsya-vipusk-novosti-spbgasu/95184531> /? (accessed: 12.03.2022) [in Russian]
17. Arhitektory-stroiteli Sankt-Peterburga serediny H1H- nachala HH veka [Architects-builders of St. Petersburg in the middle of the XIX- early XX century]: Directory / Edited by B.M.Kirikov. - St. Petersburg, 1996. [in Russian]