

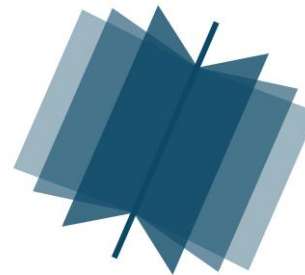
№ 11 (113) ▪ 2021
Часть 2 ▪ Ноябрь

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ЖУРНАЛ**

INTERNATIONAL RESEARCH JOURNAL

ISSN 2227-6017 ONLINE

Екатеринбург
2021



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+

**№ 11 (113) 2021
Часть 2
Ноябрь**

Дата выхода 17.11.2021
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);
Огуреева Г.Н. д-р геогр. наук, проф., МГУ имени М.В. Ломоносова (Москва, Россия).

Биологические науки:

Буланый Ю.П. д-р биол. наук, Саратовский национальный исследовательский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского (Саратов, Россия);
Аникин В.В. д-р биол. наук, проф., Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского (Саратов, Россия);
Еськов Е.К. д-р биол. наук, проф., Российский государственный аграрный заочный университет (Балашиха, Россия);
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

Сенчина Н.П. ДЕКОНВОЛЮЦИЯ ЭЙЛЕРА В ИНТЕРПРЕТАЦИИ ДАННЫХ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ПОЛЕЙ КАЗАНСКО-КАЖИМСКОГО АВЛАКОГЕНА.....	7
--	---

НАУКИ О ЗЕМЛЕ / SCIENCE ABOUT THE EARTH

Папаскири Т.В., Баданина А.А. РЕПРЕЗЕНТАТИВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ АГРОКЛАСТЕРА (НА МАТЕРИАЛАХ РЕСПУБЛИКИ КРЫМ).....	14
Голивцова Н.С., Будзинский В.Д. ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ ГРАМОТНОГО УЧЁТА МЕТЕОИНФОРМАЦИИ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ И ВЫПОЛНЕНИИ ПОЛЁТОВ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ.....	21
Липина Л.Н., Трофимов И.Ю., Кононов Ю.В., Кожевникова И.В. МОНИТОРИНГ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ (НА ПРИМЕРЕ ЕВРЕЙСКОЙ АВТОНОМНОЙ ОБЛАСТИ)	26
Петров Д.М., Сивцев А.И., Александров А.Р. ПЕРСПЕКТИВЫ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ СРЕДНЕПАЛЕОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ВОСТОЧНОЙ ЯКУТИИ.....	33
Сивцев А.И., Эверстов Э.А., Рудых И.В. ОПЫТ ВСКРЫТИЯ И ОСВОЕНИЯ ПРОДУКТИВНЫХ ПЛАСТОВ ЛЕНО-ВИЛОЙСКОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ	38
Yuldashbek D.H., Alaydarov M.A., Kolushpaeva A.T. TRANSLOCATION OF HEAVY METALS (Pb, Zn, Cu) IN THE SEROZEM-ALFALFA SYSTEM AND THEIR EFFECT ON THE ACTIVITY OF THE CATALASE ENZYME	42

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ / BIOLOGY

Борискин П.В., Гуленко О.Н., Павлова О.Н., Зайцев В.В., Палевская С.А. АДАПТАЦИОННАЯ ДИНАМИКА АКТИВНОСТИ ГЛУТАТИОНПЕРОКСИДАЗЫ В СЫВОРОТКЕ КРОВИ И ИНЫХ ТКАНЯХ КРЫС ПРИ КРИОДЕСТРУКЦИИ ПРАВОГО ПРЕДСЕРДИЯ	47
Давыдова С.С., Назирова А.А., Давыдова Ю.А. ФИЗИЧЕСКАЯ РЕАБИЛИТАЦИЯ ДЕТЕЙ 4-7 ЛЕТ С ЗАБОЛЕВАНИЯМИ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ	54
Ивойлов А.В. МОНИТОРИНГ ОХРАНЯЕМЫХ ГРИБОВ РЕСПУБЛИКИ МОРДОВИЯ	60
Кубрина Л.В. ОЦЕНКА ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОСРЕДСТВОМ БИОИНДИКАЦИИ В ЮГО-ВОСТОЧНОМ ПРОМЫШЛЕННОМ РАЙОНЕ Г. ОМСКА.....	66
Лошакова П.О., Калмыкова Л.П., Погост А.А., Вайншенкер Т.С. НОВЫЙ ОБРАЗЕЦ <i>×TRITITRIGIA</i> КАК ИСТОЧНИК КАЧЕСТВА ЗЕРНА В СЕЛЕКЦИИ ПШЕНИЦЫ	70
Лукошкова А.А. ОСОБЕННОСТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО БЕНЗИНА НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ ПРИМОРСКОГО РАЙОНА АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ	76
Ляшев А.А., Прок И.А. ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ ПОПУЛЯЦИЙ <i>EISENIA FOETIDA</i> В СУБСТРАТЕ ИЗ КОРОВЬЕГО И КОНСКОГО НАВОЗА ПРИ ВЕРМИКОПОСТИРОВАНИИ	82
Сидельникова А.А., Кувшинов Д.Ю. ОПИСТОРХОЗ: ВЫБОР ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	88
Тишин А.С., Тишина Ю.Р. МЕТОДЫ И СПОСОБЫ ФИТОТЕСТИРОВАНИЯ ПОЧВ: ОБЗОР	93

ВЕТЕРИНАРНЫЕ НАУКИ / VETERINARY SCIENCE

Боряева Ю.А., Родина Э.В., Родин В.Н. СЕРОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ВИРУСА ГРИППА ПТИЦ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ МОРДОВИЯ	99
---	----

Нижельская Е.И. СЕЗОННАЯ И ВОЗРАСТНАЯ ДИНАМИКИ АСКАРИОЗА И ТРИХОЦЕФАЛЕЗА СВИНЕЙ В УСЛОВИЯХ ФЕРМЕРСКОГО ХОЗЯЙСТВА.....	103
Решетникова Т.И., Зенкин А.С. ФАРМАКОЛОГИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ РАЗЛИЧНЫХ ДОЗ ПРОТИВОВИРУСНОГО ПРЕПАРАТА «ТРИАЗАВИРИН» ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ ПРИМЕНЕНИИ ТЕЛЯТАМ.....	106
Скориков А.В., Новикова Е.Н. АНТИГЕННАЯ АКТИВНОСТЬ ВАКЦИНЫ ПРОТИВ ПСЕВДОМОНОЗА СВИНЕЙ	113

МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ / MEDICINE

Байбаков С.Е., Бахарева Н.С., Дорогань В.В., Дорогань В.В. ИЗУЧЕНИЕ ГЕНДЕРНЫХ РАЗЛИЧИЙ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НИЖНИХ ЧЕЛЮСТЕЙ (ПО ДАННЫМ КОНУСНО-ЛУЧЕВОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ).....	119
Белокрылов Н.М., Штадлер Д.И., Белокрылов А.Н., Денисов А.С., Ладейщиков В.М., Шеколова Н.Б. ОПЫТ ЛЕЧЕНИЯ СОЧЕТАННОЙ ТРАВМЫ ГОЛОВЫ, ГРУДИ, ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА, ТАЗА С НАРУШЕНИЕМ ТАЗОВОГО КОЛЬЦА И ПРОДОЛЬНЫМ ПЕРЕЛОМOM КРЕСТЦА	125
Гетман С.И., Чепель А.И., Тегза В.Ю. ПРЕИМУЩЕСТВА АКТИВНОЙ ТАКТИКИ ДИСПАНСЕРНО-ДИНАМИЧЕСКОГО НАБЛЮДЕНИЯ У ПАЦИЕНТОВ С НАРУШЕНИЯМИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА И ПРОВОДИМОСТИ.....	132
Головатенко О.В., Шевкунова Н.А., Хусаинов А.И. АНАЛИЗ ВСТРЕЧАЕМОСТИ ПРИЗНАКОВ ДИСФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ ВИСОЧНО- НИЖНЕЧЕЛЮСТНОГО СУСТАВА У ЛИЦ МОЛОДОГО ВОЗРАСТА.....	140
Шеколова Н.Б., Ладейщиков В.М., Козюков В.Г., Токарев А.Е., Ненахова Я.В. ЭФФЕКТИВНОСТЬ КИНЕЗИТЕРАПИИ ПРИ ОРТОПЕДИЧЕСКОЙ ПАТОЛОГИИ КРУПНЫХ СУСТАВОВ..	143
Заргарян Б.М., Литвинов С.Д., Супильников А.А., Лепилин И.Н. КЛЕЕВАЯ БЕСТАМПОННАЯ ЭНДОСКОПИЧЕСКАЯ СЕПТОПЛАСТИКА	147
Кизим А.Н., Шумский А.В., Павлова О.Н., Гуленко О.Н. ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ СВОБОДНОРАДИКАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ В РОТОВОЙ ЖИДКОСТИ БОЛЬНЫХ С ПЕРИИМПЛАНТИТОМ.....	159
Кузьмина Л.П., Кислякова А.А., Безрукавникова Л.М., Хотулева А.Г., Османова П.Ш. ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЛИПИДНОГО ОБМЕНА У РАБОТНИКОВ, ПОДВЕРГАЮЩИХСЯ ВОЗДЕЙСТВИЮ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ	167
Коробков Д.М., Вечканова Н.А., Ивашин А.А., Степанов Н.Ю., Прокофьев Д.А. ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ТОТАЛЬНОЙ ИШЕМИИ ГОЛОВНОГО МОЗГА В СОЧЕТАНИИ С ГИПЕРГЛИКЕМИЕЙ, В УСЛОВИЯХ КОНТРОЛИРУЕМОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ У КРЫС В ЭКСПЕРИМЕНТЕ .	172
Kubasov R.V., Kubasova E.D., Kalinin A.G., Lupachev V.V., Martynova N.A. SEASONAL CHANGES OF THE THYROID HORMONAL LEVELS IN CHILDREN IN TERMS OF HIGHER LATITUDES	175
Левченко О.К., Хоменя Е.А., Джулакян У.Л. ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕДУРЫ АККРЕДИТАЦИИ В ГЕМАТОЛОГИИ.....	179
Магомедов М.М., Омаров М.Д., Магомедов М.А. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДОВ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ГАСТРОДУОДЕНАЛЬНЫХ ПЕРФОРАТИВНЫХ ЯЗВ.....	182
Набережная И.Б. ДИНАМИКА ОКАЗАНИЯ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ НА ПРИМЕРЕ АСТРАХАНСКОГО РЕГИОНА.....	188
Яшнов А.А., Лобанов С.Л., Коновалова О.Г., Бурцева М.А., Ханина Ю.С. ПОКАЗАТЕЛЬ КОНЦЕНТРАЦИИ ЛАКТАТДЕГИДРОГЕНАЗЫ В ПРОГНОЗИРОВАНИИ ТЕЧЕНИЯ ОСТРОГО ХОЛЕЦИСТИТА.....	193

ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИЕ НАУКИ / PHARMACEUTICS

Кубасова Е.Д., Корельская Г.В., Суханов А.Е., Крылов И.А., Кубасов Р.В. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ЭКСТРАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В РАСТИТЕЛЬНОМ СЫРЬЕ ЛЮБИСТОКА ЛЕКАРСТВЕННОГО, ПРОИЗРАСТАЮЩЕГО В АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ	198
Kubasova E.D., Korelskaya G.V., Chernykh I.V., Krylov I.A., Kubasov R.V. PHARMACOLOGICAL EFFECT OF BIOLOGICALLY ACTIVE COMPOUNDS OF THE <i>LEVISTICUM</i> <i>OFFICINALE</i> W.D.J. KOCH	203

Куличенко Е.О., Мыкоц Л.П., Туховская Н.А., Андреева О.А., Лигай Л.В., Оганесян Э.Т. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕКТИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ ТРАВЫ КОСМЕИ ДВАЖДЫПЕРИСТОЙ (<i>COSMOS VIPINNATUS</i> CAV.)	207
<hr/>	
ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ / CHEMISTRY	
<hr/>	
Istomina E.E., Shataschkeev A.V., Kuranov M.N. STUDY OF GOLD-CONTAINING CONCENTRATE PROCESSING TECHNOLOGY	216
Козлова-Козыревская А.Л. ОСОБЕННОСТИ СОЛЬВАТАЦИИ В КОНТАКТНЫХ СИСТЕМАХ	220

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2021.113.11.037>**ДЕКОНВОЛЮЦИЯ ЭЙЛЕРА В ИНТЕРПРЕТАЦИИ ДАННЫХ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ПОЛЕЙ
КАЗАНСКО-КАЖИМСКОГО АВЛАКОГЕНА**

Научная статья

Сенчина Н.П.*

ORCID: 0000-0001-5458-648X,

Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, Россия

* Корреспондирующий автор (Senchina_NP[at]pers.spmi.ru)

Аннотация

Метод деконволюции Эйлера применяется для количественной интерпретации данных потенциальных полей – грави- и магниторазведки. Методика позволяет получить сведения о глубинах расположения особых точек, соответствующих аномалообразующим объектам. Для источников, соответствующих разрывным нарушениям и границам крупных блоков, используют тип источников «контакт» (структурные индексы для грави- и магнитных данных 0 и 1 соответственно) или «линейный источник» – структурные индексы 1 и 2. Указанный алгоритм опробован на тестовом модельном объекте и применён для идентификации глубинных разрывных нарушений Казанско-Кажимского авлакогена и прилегающей территории. Казанско-Кажимский авлакоген является крупным погребённым прогибом, расположенным в пределах Восточно-Европейской платформы. Подошва Казанско-Кажимского прогиба достоверно бурением не изучена, поэтому уверенных сведений об амплитуде грабена нет. Прослеживается авлакоген от города Казань до посёлка Кажим Республики Коми, протяжённость – более 700 км, глубина оценивается в первые километры. С заложением авлакогена связывают контроль нефтегазоносности района работ, в связи с чем его изучение представляет практический интерес.

Ключевые слова: геофизика, деконволюция Эйлера, авлакоген, особые точки, потенциальные поля, гравиразведка, магниторазведка.

**EULER DECONVOLUTION IN THE INTERPRETATION OF THE DATA OF POTENTIAL FIELDS
OF THE KAZAN-KAZHIMSKY AULACOGEN**

Research article

Senchina N.P.*

ORCID: 0000-0001-5458-648X,

Saint Petersburg Mining University, Saint Petersburg, Russia

* Corresponding author (Senchina_NP[at]pers.spmi.ru)

Abstract

The Euler deconvolution method is used for quantitative interpretation of potential field data, namely gravity and magnetic survey. This method allows for obtaining data on the location depth of special points corresponding to anomalous objects. For sources corresponding to discontinuous disturbances and boundaries of large blocks, the "contact" type of sources is used (structural indices for gravity and magnetic data 0 and 1, respectively) or "linear source" - structural indices 1 and 2. The specified algorithm was tested on a test model object and applied to identify deep discontinuities of the Kazan-Kazhinsky aulacogen and the adjacent territory. The Kazan-Kazhinsky aulacogen is a large buried trough located within the Eastern European Platform. The sole of the Kazan-Kazhinsky trough has not been reliably studied by drilling, so there is no reliable information about the graben amplitude. The aulacogen is traced from the city of Kazan to the village of Kazhim of the Komi Republic, the length is more than 700 km, the depth is estimated in the first kilometers. The control of the oil and gas potential of the work area is associated with the laying of aulacogen, and therefore its study is of practical interest.

Keywords: geophysics, Eulerian deconvolution, aulacogen, singular points, potential fields, gravitation prospecting, magnetic survey.

Область исследования и исходные данные

Восточно-Европейская платформа – это крупный, относительно устойчивый участок земной коры, располагающиеся между каледонидами Норвегии на северо-западе, герцинидами Урала на востоке, альпидами Крыма, Кавказа и Карпат на юге и юго-западе. Морфологически это равнина, в составе которой выделяются щиты и Русская плита. Русская плита представляет собой обширную спокойную площадь, верхняя часть разреза которой сложена осадочными отложениями мощностью, преимущественно, от 1 до 5 км; нижний структурный этаж представлен складчатым фундаментом, сложенным, вероятно, в основном, кристаллическими сланцами и гранитами. При этом фундамент плиты неоднороден: в его составе выделяют сутурные зоны, погребённые рифты, грабены, выступы. На востоке плиты наиболее крупной является Волго-Уральская антеклиз, с которой связывается Волго-Уральская нефтегазоносная область [13]. В пределах антеклиз выделяется Казанско-Кажимский авлакоген, крупный погребённый прогиб (рисунок 1). Протяжённость грабена – более 700 км, глубина оценивается в первые километры, но достоверной оценки не имеется из-за редкости скважин глубокого бурения.

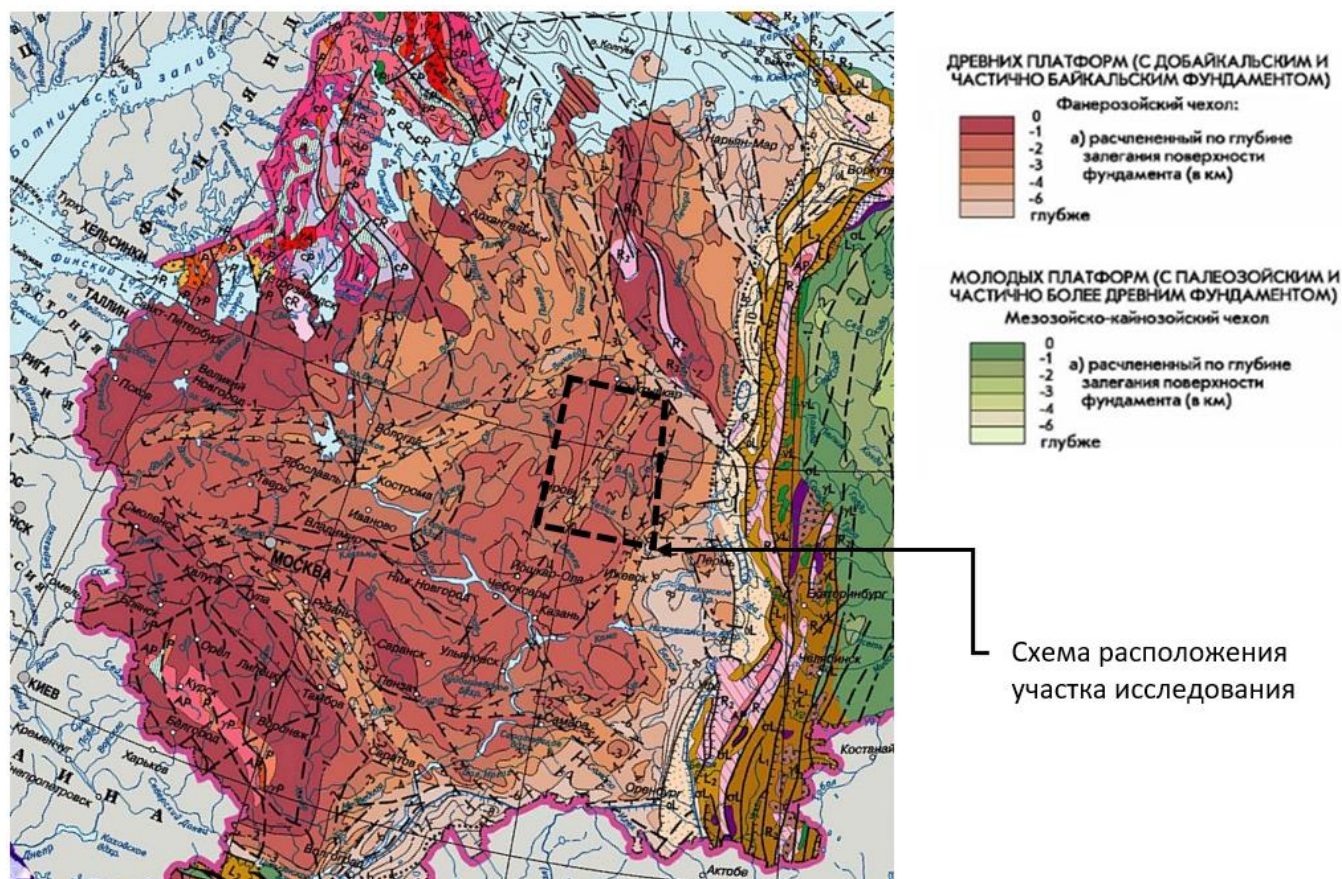


Рис. 1 – Фрагмент тектонической карты России [1] с выделенным прямоугольником участком исследования

Авлакоген – это узкая вытянутая в длину впадина, ограниченная разломами, пересекающая фундамент платформы. Типичные размеры таких структур составляют: шириной от нескольких десятков до нескольких сотен километров, длиной сотни или даже тысячи километров. Схожими понятиями являются грабены в фундаменте древних платформ и древние рифты, заполненные осадками [9], [11], [12].

Заложение Казанско-Кажимского авлакогена древнее – около 600 млн. лет (венд), его геометрия осложнена многочисленными разрывными нарушениями. Кроме того, ложе структуры по фундаменту расчленено поперечными разрывными нарушениями. Поверхность пород кристаллического фундамента, где расположена рассматриваемая структура, находится в пределах 2 – 4 км. Выше залегают песчано-глинистые отложения среднего девона, в которых также проявляется прогиб. Буровыми скважинами локально вскрыт разрез геологических образований авлакогена, и он представлен тремя структурными этажами: снизу – архейский – нижнепротерозойской кристаллический фундамент, выше – рифейско-вендский осадочный комплекс, и над ними – осадочный чехол палеозойских и более молодых отложений [10]. Поверхность кристаллического фундамента в наиболее погруженной части авлакогена не вскрыта и слабо прослеживается в данных сейсморазведки [15].

На площадь авлакогена и прилегающие территории имеются данные аномального гравитационного и магнитного полей масштаба 1:200 000. В обеих картах хорошо проявляется линейная структура северо-восточного простирания, которая ассоциируется с Казанско-Кажимским авлакогеном.

Известно много способов анализа глубинных структур, обуславливающих аномалии потенциальных полей. В данной работе предлагается рассмотреть результаты деконволюции Эйлера – алгоритма, который выделяет особые точки, связанные с аномалообразующими объектами, и дающего привязку этих объектов по глубине.

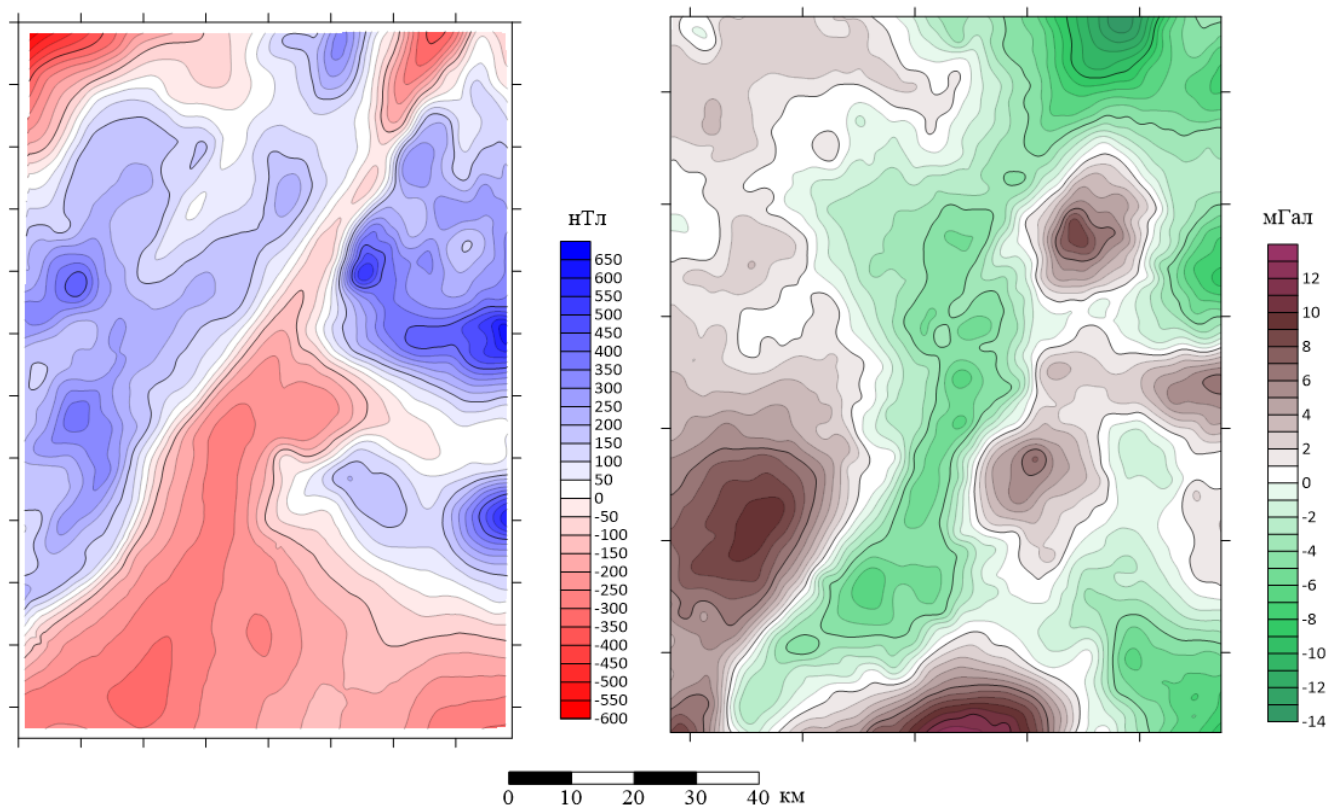


Рис. 2 – Карты аномального магнитного (слева) и гравитационного (справа) полей

Метод деконволюции Эйлера

Деконволюция Эйлера – широко используемый метод интерпретации данных потенциальных полей [3], [4], [5], [6]. Метод основан на уравнении Эйлера для вертикальных и горизонтальных производных гравитационного потенциала. Компьютерный алгоритм деконволюции Эйлера был впервые разработан Томпсоном (1982) [2], а затем уточнялся рядом исследователей. Популярность метода во многом объясняется простотой его реализации и использования, экспрессностью, что делает его хорошим инструментом первичной интерпретации. Термин «деконволюция» с английского языка переводится как «развертка», – процедура, обратная «свертке», и ставит в соответствие относительно широкой аномалии точку с известными координатами.

Во многих случаях карты гравиметрических и магнитных данных позволяют уверенно локализовать горизонтальное расположение источников аномалий – например, для трассирования в плане разломов и границ блоков хорошо подходит трансформация «модуль горизонтального градиента» [14]. Локализация источников по глубине возможна, в том числе, с помощью деконволюции Эйлера. Метод позволяет выделить набор координат точек в трехмерном пространстве (x , y , z), которые соответствуют источникам аномалий.

Для расчета требуются производные данных по x , y и z , а также параметр, называемый структурным индексом (С.И.). Структурный индекс – это число, которое связано с однородностью потенциального поля и варьируется для разных полей и типов источников. Например, в случае анализа магнитных данных сфера представлена С.И., равным 3, тогда как дайка представлена С.И., равным 1. Для источников, соответствующих разрывным нарушениям и границам крупных блоков, используют тип источников «контакт» (структурные индексы для грави- и магнитных данных 0 и 1 соответственно) или «линейный источник» – структурные индексы 1 и 2.

Уравнения, применяемые для деконволюции:

$$(x-x_0)V_{zx}+(y-y_0)V_{zy}+(z-z_0)V_{zz}=N(U_z-V_z) \quad (1)$$

$$(x-x_0)V_{yx}+(y-y_0)V_{yy}+(z-z_0)V_{yz}=N(U_y-V_y) \quad (2)$$

где N – структурный индекс; V_z – аномалия силы тяжести (производная потенциала по z); U_z – региональный фон (среднее в скользящем окне) гравитационных аномалий; V_y – горизонтальная составляющая гравитационных аномалий; U_y – региональный фон горизонтальной составляющей; x , y , z – координаты точек с известными значениями поля и трансформант (точка измерения), x_0 , y_0 , z_0 – координаты особой точки – искомые величины.

Оценки применимости алгоритма в районе исследования

Оптимальный способ оценить эффективность и ограничения методов интерпретации геофизических данных – это применение их в известных условиях, на синтетической модели, схожей с изучаемым объектом. Применим деконволюцию Эйлера к данным потенциальных полей, полученных путем решения прямой задачи грави- и магниторазведки от полупространства с неоднородной по геометрии границей, которая по идее представляет собой поверхность фундамента. Поверхность осложнена тремя «уступами» – одним высокоамплитудным и двумя малоамплитудными, а также квазислучайным «шумом». На рисунке 3 слева показана карта кровли модельного

фундамента, под которой изображен разрез по линии профиля. В центре рисунка дан результат решения прямой задачи гравиразведки при контрасте плотностей на границе «осадочный чехол – фундамент» 0.2 г/см^3 . Контраст магнитной восприимчивости составляет 0.02 ед. СИ. Свойства фундамента – как плотностные, так и магнитные, более высоки, чем свойства чехла. В модели не заданы латеральные неоднородности – имитируется только изменение геометрии поверхности фундамента.

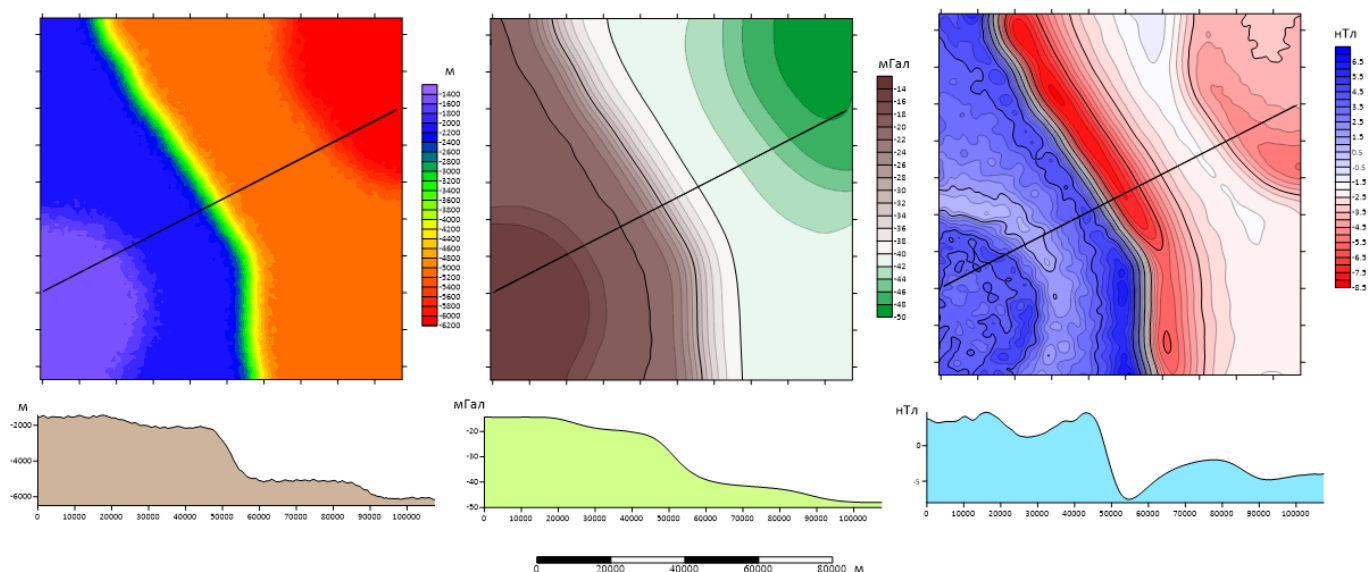


Рис. 3 – Исходные данные для моделирования:

слева – карта и график поверхности модельного фундамента; *в центре* – карта и график модельного гравитационного поля; *справа* – карта и график модельного магнитного поля

Далее к результатам решения прямой задачи гравиразведки и магниторазведки применен алгоритм деконволюции Эйлера. Построены карты расположения особых точек (рисунок 4), где цвет особых точек соответствует их глубинам: наиболее глубинные показаны оттенками красного, приповерхностные особые точки – синие и фиолетовые. Так как основной моделируемый объект – это «уступ» или «контакт», очевидно, наилучший результат получается для структурных индексов 1 по магнитному полю и 0 по гравитационному полю. Результаты по другим структурным индексом приведены для сопоставления.

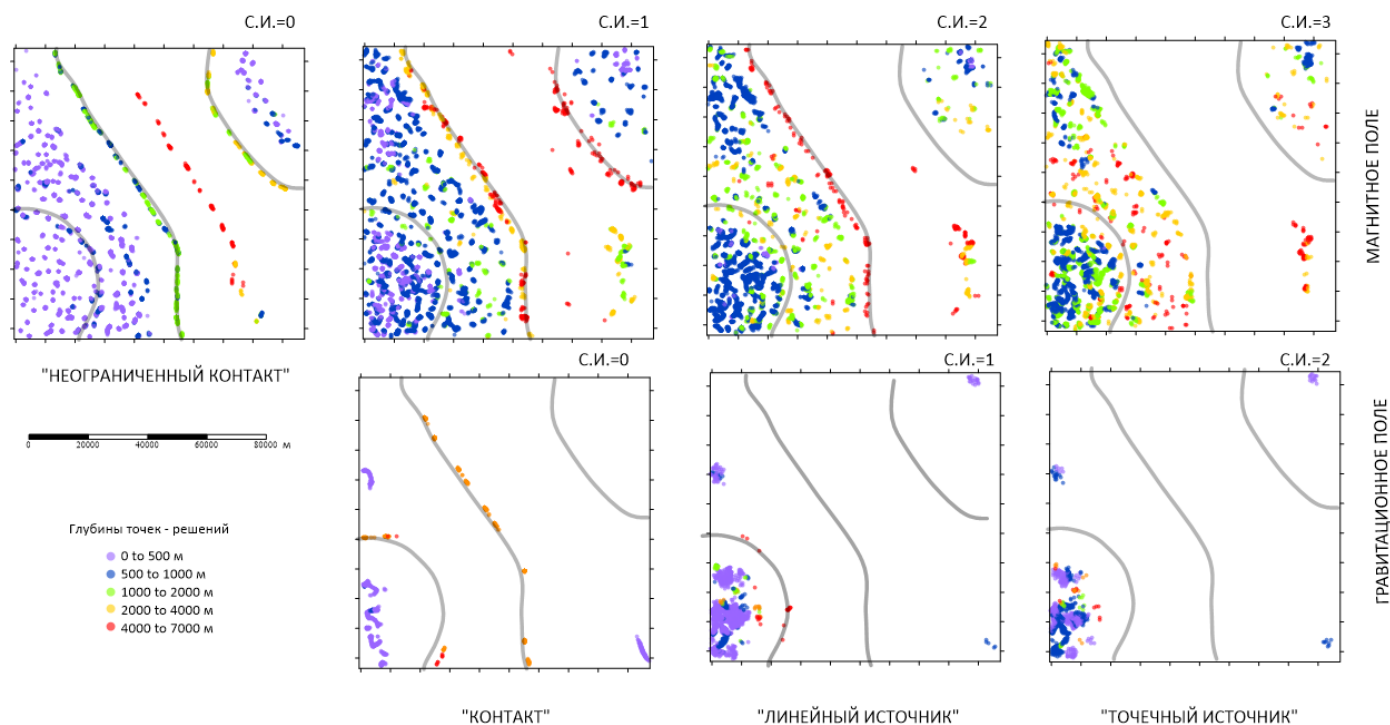


Рис. 4 – Результат деконволюции Эйлера для гравитационного и магнитного полей и различных структурных индексов (С.И.) и линии заданных в модели уступов фундамента

На рисунке 4 видно, что глубинная привязка особых точек неплохо соответствует заданной в модели геометрии уступов фундамента. Однако, результаты для оптимальных индексов по гравитационному и магнитному полям отличаются: так, более глубинный малоамплитудный уступ в северо-восточной части площадки виден в магнитном

поле, и не виден в гравитационном. Уступ высокой амплитуды хорошо виден в обоих полях. Второй малоамплитудный уступ на юго-западе площади частично проявляется в гравитационном поле, но с ошибочно завышенной амплитудой, и почти незаметен в магнитном.

Особые точки, имеющие площадное, а не линейное распространение, видимо, связаны с аномалиями, вызванными включённым в геометрию фундамента «шумом». На юго-западе площади, где фундамент малоглубинный, эти особые точки хорошо проявлены, и хуже проявляются по мере заглубления фундамента, что является закономерным результатом.

Интересно, что результат деконволюции Эйлера для магниторазведки при структурном индексе 0 не соответствует ни одной из заданных границ (рисунок 4, слева вверх); действительно, данный структурный индекс соответствует по теории источнику «неограниченный контакт» что не моделируется в ограниченном пространстве и физического смысла не имеет.

Довольно неплохой результат получен для структурного индекса 2 по магниторазведке; некоторые из особых точек для структурного индекса 1 по гравиразведке («линейный источник») также ложатся на линии заданных при моделировании уступов.

Можно отметить, что в данном случае к данным гравиразведки была применена, возможно, излишняя фильтрация особых точек, но, тем не менее, принято решение ограничиться данным результатом, так как характерные особенности решения уже видны.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что деконволюция Эйлера является эффективной методикой глубинной локализации особых точек, и может применяться для решения задачи картирования разрывных нарушений с учётом их глубины на рассматриваемой территории.

Результаты деконволюции на Казанско-Кажимском авлакогене

Теперь необходимо перейти к применению алгоритма к данным гравитационного и магнитного полей на Казанско-Кажимском авлакогене. Получен результат для структурных индексов 1 – для магниторазведки и 0 – для гравиразведки, что соответствует источником типа «контакт». Указанный тип источников должен соответствовать разрывным нарушениям с вертикальным смещением поверхности фундамента.

Геометрия особых точек существенно различается для данных магниторазведки и гравиразведки. Это связано не только с различиями в чувствительности методов, видимыми на рисунке 4, но и с тем, что источники аномалий гравитационного поля далеко не всегда соответствуют источникам магнитных аномалий. Однако, изучаемый объект должен быть проявлен в обоих полях, так как граница «чехол – фундамент» контрастна и по магнитным, и по плотностным свойствам; изменение ее геометрии должно быть хорошо проявлено в особых точках грави- и магниторазведки. Это и наблюдается в результатах – границы крупной структуры северо-восточного простирания (Казанско-Кажимского авлакогена) описываются линейными областями сгущения особых точек. Цвет и, соответственно, глубина особых точек, говорят о наличии глубинных структур (красные – преимущественно от 4 км до 10 км, редкие точки – до 30 км), и структур глубиной до 1 км, что говорит о некоторой наследованности чехлом геометрии фундамента.

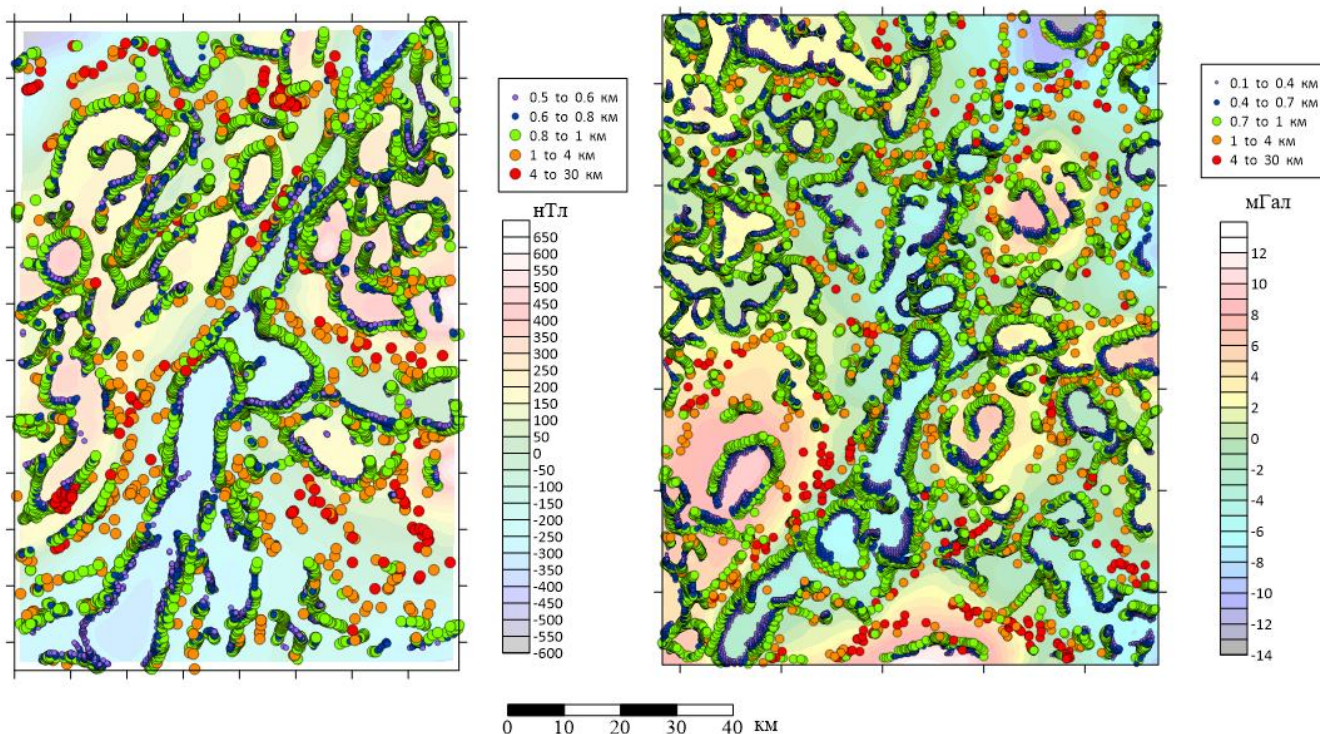


Рис. 5 – Результат деконволюции Эйлера для источников типа «Контакт» для магнитного поля (слева) и гравитационного поля (справа)

По особым точкам можно трассировать границы блоков подошвы прогиба – видно наличие смещений по протяжению авлакогена. Разлом относительно более глубинного заложения расположен, по результатам

деконволюции, у западного борта прогиба. На площади работ по особым точкам картируются секущие структуры северо-западного простирания.

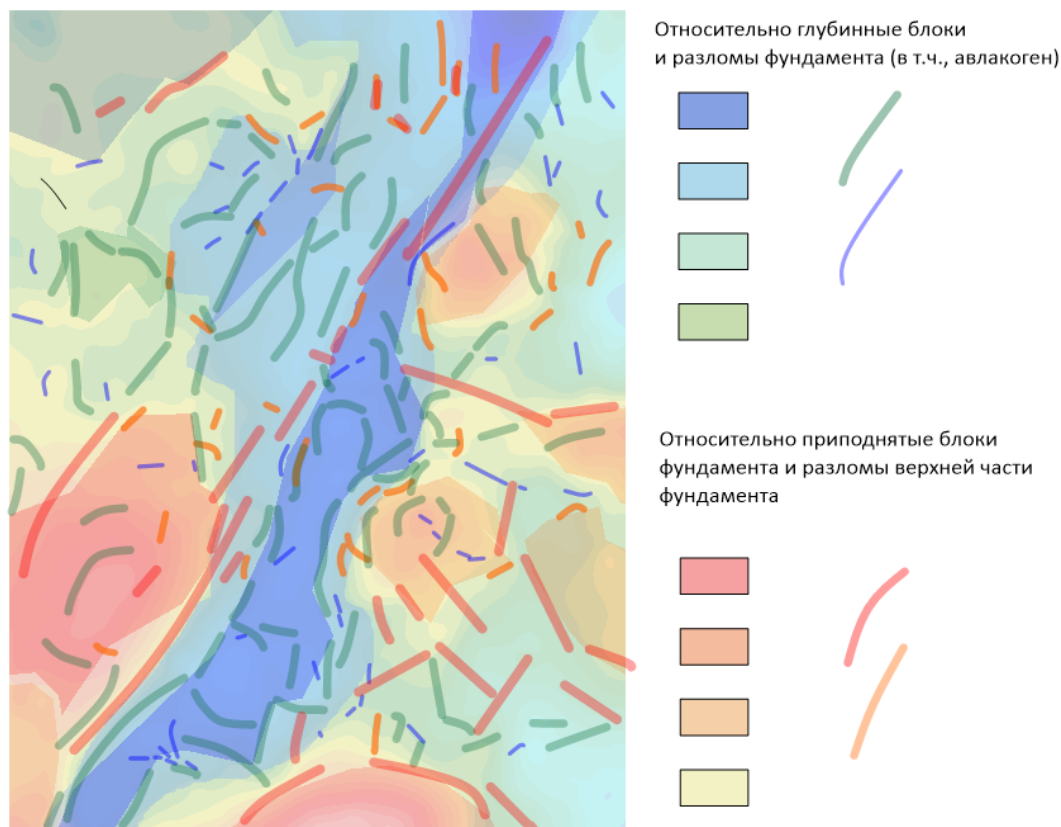


Рис. 6 – Схема интерпретации результатов деконволюции Эйлера

Заключение

В результате проведённой работы получена грубая схема интерпретации результатов эволюции Эйлера, которая позволяет дифференцировать разломы по глубине заложения. На площади можно выделить относительно приподнятые блоки фундамента и относительно глубинные. Большой интерес представляет сопоставление результатов эволюции Эйлера с данными прямого метода – бурения, однако, у автора указанные сведения отсутствуют.

В качестве методического результата следует отметить лучшее понимание возможностей и ограничений методов интерпретации при их опробовании на синтетических данных, где истинное положение искомых объектов известно. Результаты применения деконволюции Эйлера на модельном объекте позволяют говорить об эффективности методики и её применимости в условиях Русской плиты для локализации разрывных нарушений различной глубинности с вертикальным смещением.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Национальный атлас России. Том 2. Природа и экология. 2007. Геологическое строение и ресурсы недр. Тектоника. Масштаб 1:15000000. Отв. ред. Г.Ф. Кравченко, редкол. А.В. Бородко (пред.) и др. / ПКО "Картография" под общ. рук. М-ва транспорта Российской Федерации и Роскартографии. 2007. стр. 40-43.
2. Thompson, D. T. A new technique for making computer-assisted depth estimates from magnetic data / D. T. Thompson // Geophysics, 1982, 47, 31–37, DOI: 10.1190/1.1441278
3. Diyana Bahrudin, N. F. Major faults analysis in peninsular Malaysia using 3d Euler deconvolution gravity technique. / N. F. Diyana Bahrudin, U. Hamzah, W. Zuhairi et al. // Jurnal Teknologi, 2021. 83(4), 137-150. DOI:10.11113/jurnalteknologi.v83.13874
4. Choi, S. Gravity field interpretation and underground structure modelling as a method of setting horizontal and vertical zoning of an active fault core / S. Choi, S. Kim, E. Choi et al. // Economic and Environmental Geology, 2021. 54(1), 91-103. DOI:10.9719/EEG.2021.54.1.91
5. Castro, F. R. Constraining euler deconvolution solutions through combined tilt derivative filters / F. R. Castro, S. P. Oliveira, J. de Souza et al. // Pure and Applied Geophysics, 2020. 177(10), 4883-4895. DOI:10.1007/s00024-020-02533-w
6. Harris, E. Analysis of the euler deconvolution technique for calculating regional depth to basement in an area of complex structure / E. Harris, M. Jessell, T. Barr // Paper presented at the 1996 SEG Annual Meeting, 1996. 1373-1376. DOI: 10.1190/1.1826363
7. Агеев А.С. Основные черты глубинной морфологии байкало-становой тектонической зоны по результатам интерпретации геолого-геофизических материалов / А.С. Агеев, А.С. Егоров // Региональная геология и металлогения. 2018. № 73. С. 19-23.

8. Агеев А.С. Структурно-вещественные неоднородности земной коры в пределах региональных сдвиговых зон по результатам комплексной интерпретации геолого-геофизических данных / А.С. Агеев, А.С. Егоров // Проблемы тектоники и геодинамики земной коры и мантии. Материалы L Тектонического совещания. 2018. С. 359-362.

9. Егоров А.С. Особенности глубинного строения и вещественного состава геоструктур земной коры континентальной части территории России / А.С. Егоров // Записки Горного института. 2015. Т. 216. С. 13-30.

10. Егоров А.С. Глубинное строение и геодинамика литосферы северной Евразии / А.С. Егоров; М-во природ. ресурсов Рос. Федерации, Всерос. н.-и. геол. ин-т им. А. П. Карпинского (ВСЕГЕИ). СПб., 2004.

11. Egorov A.S. Deep structure of the consolidated basement of the West Siberian platform and its folded surroundings / A.S. Egorov, D.N. Chistyakov // *Geologiya i geofizika*. 2003. V. 44. № 1-2. P. 101-119.

12. Egorov A. S. Deep structure, tectonics and petroleum potential of the western sector of the Russian Arctic / A. S. Egorov, O. M. Prischepa, Y. V. Nefedov et al. // *Journal of Marine Science and Engineering*, 2021. 9(3), 1-26. DOI:10.3390/jmse9030258

13. Prischepa O. M. Raw material base of hard-to-extract oil reserves of Russia / O. M. Prischepa, Y. V. Nefedov, O. Y. Kochneva // *Periodico Tche Quimica*, № 17, 2020. P 915 - 924.

14. Алексеев С. Г. Особенности 2D- и 3D-интерпретации аномалий потенциальных полей / С. Г. Алексеев, С. А. Козлов, М. Б. Штокаленко и др. // Записки Горного Института. 2011. Том 194. С. 128.

15. Телегин А. Н. Возможности сейсморазведки при изучении кристаллического фундамента / А. Н. Телегин // Записки Горного Института. 2017. Том 223. С. 30. DOI: 10.18454/pmi.2017.1.30

Список литературы на английском языке / References in English

1. Nacional'nyj atlas Rossii [National Atlas of Russia.]. Vol. 2. Priroda i ekologiya. 2007. Geologicheskoe stroenie i resursy nedr. Tektonika. Masshtab 1:15000000 [Geological structure and subsoil resources. Tectonics. Scale 1: 15000000]. ed. G.F. Kravchenko, A.V. Borodko et al. / PKO "Kartografiya" pod obshch. ruk. M-va transporta Rossijskoj Federacii i Roskartografii. 2007. P. 40-43. [in Russian]

2. Thompson, D. T. A new technique for making computer-assisted depth estimates from magnetic data / D. T. Thompson // *Geophysics*, 1982, 47, 31-37, DOI: 10.1190/1.1441278

3. Diyana Bahrudin, N. F. Major faults analysis in peninsular Malaysia using 3d Euler deconvolution gravity technique. / N. F. Diyana Bahrudin, U. Hamzah, W. Zuhairi et al. // *Jurnal Teknologi*, 2021. 83(4), 137-150. DOI:10.11113/jurnalteknologi.v83.13874

4. Choi, S. Gravity field interpretation and underground structure modelling as a method of setting horizontal and vertical zoning of an active fault core / S. Choi, S. Kim, E. Choi et al. // *Economic and Environmental Geology*, 2021. 54(1), 91-103. DOI:10.9719/EEG.2021.54.1.91

5. Castro, F. R. Constraining euler deconvolution solutions through combined tilt derivative filters / F. R. Castro, S. P. Oliveira, J. de Souza et al. // *Pure and Applied Geophysics*, 2020. 177(10), 4883-4895. DOI:10.1007/s00024-020-02533-w

6. Harris, E. Analysis of the euler deconvolution technique for calculating regional depth to basement in an area of complex structure / E. Harris, M. Jessell, T. Barr // Paper presented at the 1996 SEG Annual Meeting, 1996. 1373-1376. DOI: 10.1190/1.1826363

7. Ageev A.S. Osnovnye cherty glubinnoj morfologii bajkalo-stanovoj tektonicheskoy zony po rezul'tatam interpretacii geologo-geofizicheskikh materialov [The main features of the deep morphology of the Baikal-Stanovoy tectonic zone according to the results of interpretation of geological and geophysical materials] / A.S. Ageev, A.S. Egorov // *Regional'naja geologiya i metallogenija* [Regional geology and metallogeny]. 2018. No. 73. pp. 19-23. [in Russian]

8. Ageev A.S. Strukturno-veshchestvennye neodnorodnosti zemnoj kory v predelakh regional'nyh sdvigovykh zon po rezul'tatam kompleksnoj interpretacii geologo-geofizicheskikh dannyh [Structural and material inhomogeneities of the earth's crust within regional shear zones based on the results of complex interpretation of geological and geophysical data] / A.S. Ageev, A.S. Egorov // *Problemy tektoniki i geodinamiki zemnoj kory i mantii. Materialy L Tektonicheskogo soveshchaniya* [Problems of tectonics and geodynamics of the earth's crust and mantle. Materials of the L Tectonic meeting]. 2018. P. 359-362. [in Russian]

9. Egorov A.S. Osobennosti glubinnoego stroeniya i veshchestvennogo sostava geostruktur zemnoj kory kontinental'noj chasti territorii Rossii [Peculiarities of the deep structure and material composition of the geostructures of the earth's crust in the continental part of the territory of Russia] / A.S. Egorov // *Zapiski Gornogo instituta* [Journal of Mining Institute]. 2015. Vol. 216. P. 13-30. [in Russian]

10. Egorov A.S. Glubinnoe stroenie i geodinamika litosfery severnoj Evrazii [Deep structure and geodynamics of the lithosphere of northern Eurasia] / A.S. Egorov; M-vo prirod. resursov Ros. Federacii, Vseros. n.-i. geol. in-t im. A. P. Karpinskogo (VSEGEI). SPb., 2004. [in Russian]

11. Egorov A.S. Deep structure of the consolidated basement of the West Siberian platform and its folded surroundings / A.S. Egorov, D.N. Chistyakov // *Geologiya i geofizika*. 2003. V. 44. № 1-2. P. 101-119.

12. Egorov A. S. Deep structure, tectonics and petroleum potential of the western sector of the Russian Arctic / A. S. Egorov, O. M. Prischepa, Y. V. Nefedov et al. // *Journal of Marine Science and Engineering*, 2021. 9(3), 1-26. DOI:10.3390/jmse9030258

13. Prischepa O. M. Raw material base of hard-to-extract oil reserves of Russia / O. M. Prischepa, Y. V. Nefedov, O. Y. Kochneva // *Periodico Tche Quimica*, № 17, 2020. P 915 - 924.

14. Alekseev S. G. Osobennosti 2D- i 3D-interpretacii anomalij potencial'nykh polej [Features of 2D and 3D interpretation of potential field anomalies] / Alekseev S. G., Kozlov S. A., Shtokalenko M. B. et al. // *Zapiski Gornogo Instituta* [Journal of Mining Institute]. 2011. Vol. 194. P. 128. [in Russian]

15. Telegin A. N. Vozmozhnosti sejsmorazvedki pri izuchenii kristallicheskogo fundamenta [Possibilities of seismic prospecting in the study of crystalline basement] / A. N. Telegin // *Zapiski Gornogo Instituta* [Journal of Mining Institute]. 2017. Vol 223. P. 30. DOI: 10.18454/pmi.2017.1.30 [in Russian]

**РЕПРЕЗЕНТАТИВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ АГРОКЛАСТЕРА
(НА МАТЕРИАЛАХ РЕСПУБЛИКИ КРЫМ)**

Научная статья

Папаскири Т.В.¹, Баданина А.А.^{2,*}

² ORCID: 0000-0003-3251-6346;

^{1,2} Государственный университет по землеустройству, Москва, Россия

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

Аннотация

Статья посвящена определению репрезентативных показателей при формировании землепользования агрокластера (на материалах Республики Крым). Рассмотрены основные репрезентативные показатели, оказывающие влияние при использовании земельных участков, размещение производственных и социальных объектов инфраструктуры в землепользовании агрокластеров. Обоснована необходимость формирования и территориальной организации землепользования агрокластеров, как признанный инструмент, сопутствующий устойчивому инновационному развитию и повышению конкурентоспособности АПК страны на основании землеустроительной теории. Разработана теоретическая база землеустройства землепользования агрокластеров, которая включает в себя репрезентативные показатели формирования землепользования агрокластера.

Ключевые слова: землеустройство, землепользование, агрокластер, территориальная организация, репрезентативные показатели.

**REPRESENTATIVE INDICATORS IN THE FORMATION OF AGRICULTURAL CLUSTER LAND USE
(BASED ON THE REPUBLIC OF CRIMEA)**

Research article

Papaskiri T.V.¹, Badanina A.A.^{2,*}

² ORCID: 0000-0003-3251-6346;

^{1,2} State University of Land Management, Moscow, Russia

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

Abstract

The article discusses the definition of representative indicators in the formation of agricultural cluster land use (based on the Republic of Crimea). The authors examine the main representative indicators influencing the use of land plots, the placement of industrial and social infrastructure facilities in the land use of agricultural clusters. The article also substantiates the necessity of the formation and territorial organization of agricultural cluster land use as a recognized tool accompanying sustainable innovative development and increasing the competitiveness of the agro-industrial complex of the country on the basis of land management theory. The study introduces the theoretical basis of land management of agricultural cluster land use, which includes representative indicators of the formation of agricultural cluster land use.

Keywords: land management, land use, agricultural cluster, territorial organization, representative indicators.

Введение

Основной целью землеустройства является обеспечение рационального использования земель и их охраны, формирование благоприятной экологической среды и улучшения природных ландшафтов [1].

В условиях рыночной экономики землеустройство дополняется новым содержанием. Земля представляет собой не только пространственный базис, но так же превращается в товар, который является объектом недвижимости и движущей силой развития инноваций во всех отраслях, включая агропромышленный комплекс.

Высокоэффективным направлением осуществления инновационной политики государства является формирование агрокластеров, позволяющих образовывать единую замкнутую цепь при реализации сельскохозяйственной продукции [2], [9].

На территории Российской Федерации агрокластер становится эффективной инновационной структурой организации сельскохозяйственного производства.

Основные результаты

Землепользование агрокластера в условиях современной России предоставляет собой долговременное территориальное объединение сельскохозяйственных предприятий с государственными органами и образовательными центрами, обеспеченных инженерной и транспортной инфраструктурой, необходимой для осуществления сельскохозяйственного производства [3].

В землеустроительной деятельности землепользование следует рассматривать как совокупность земельных участков, объединенных единым технологическим процессом производства.

Формирование землепользования включает в себя не только образование и организацию землепользований, т.е. правовой акт, но и технические действия: определение размеров, установление местоположения, размещение границ землепользований, которые дифференцируются в зависимости от организационно-правовой формы сельскохозяйственных организаций и особенностей хозяйственных укладов, реализуемых в них [4], [10].

Исследования проблемы формирования землепользования агрокластера позволило установить, что при их организации следует учитывать репрезентативные показатели оценки состояния сельскохозяйственных предприятий в

структуре землепользования. В связи с этим были проанализированы основные факторы и их показатели, которые влияют на формирование землепользования.

Основные репрезентативные показатели при разработке проекта формирования землепользования агрокластера подразделяются на внешние и внутренние.

К внешним показателям относятся:

– *природно-климатические условия*. Природно-климатические условия оказывают большое влияние на характер использования земли и ее плодородие, поэтому необходимо изучить и дать характеристику в зоне расположения землепользования агрокластера. Именно эти условия определяют особенности и основное содержание проекта землеустройства землепользования агрокластера в данной природно-экономической зоне [4], [10].

– *анализ вида экономической деятельности*. Важность применения данного параметра обусловлены с эффектом агломерации, формирующийся благодаря концентрации предприятий – потенциальных участников интегрированной структуры на ограниченной территории [5].

Обоснование роли вида экономической деятельности территории возможно с помощью коэффициента специализации производства:

$$K_p = \frac{q_{it}}{Q_t} \div \frac{q_i}{Q}, \quad (1)$$

где q_{it} – объем выпуска i -го вида экономической деятельности на территории t ;

q_i – общий объем выпуска i -го вида экономической деятельности на стране;

Q_t – объем валового выпуска на территории t ;

Q – объем валового выпуска в стране.

Если значение коэффициента $K_p \geq 1$, то специализация экономического вида деятельности в муниципальном образовании превышает среднюю долю данного вида деятельности в регионе.

На основании статистических данных, произведем расчет коэффициента специализации предприятий по виду экономической деятельности – сельское хозяйство для муниципальных районов Республики Крым (табл. 1).

Таблица 1 – Коэффициент специализации предприятий по виду экономической деятельности – сельское хозяйство ($K_p \geq 1$) 2018 г.

Муниципальное образование	Коэффициент специализации
<i>Городские округа</i>	
Алушта	2,87
Судак	1,67
Феодосия	2,87
Ялта	3,00
<i>Муниципальные районы</i>	
Бахчисарайский	3,14
Белогорский	3,58
Джанкойский	4,46
Кировский	3,42
Красногвардейский	5,00
Красноперекопский	1,56
Ленинский	2,98
Нижнегорский	4,29
Первомайский	3,22
Раздольненский	1,02
Симферопольский	4,32
Советский	3,19
Черноморский	0,98
Сакский	4,12

– *степень концентрации сельского хозяйства*. Для выявления степени концентрации сельского хозяйства проанализируем производство продукции в Республики Крым по муниципальным образованиям [7].

Приоритетные направления деятельности были составлены с учетом проведенного комплексного анализа специализации сельскохозяйственного производства в регионе и потенциального объема внутреннего и внешнего спроса (табл. 2).

Таблица 2 – Направления развития агрокластера в Республики Крым

Отрасль	Производство в отраслях
Растениеводство	Зерновые культуры, картофель и овощные культуры, технические культуры, кормовые культуры, плодово-ягодные культуры
Животноводство	Птица, свиньи, КРС, молоко, мясо, шерсть
Пищевая и перерабатывающая промышленность	Мука, хлеб, хлебобулочные и кондитерские изделия, масла растительные, молоко и молочные продукты, мясо, субпродукты, полуфабрикаты, консервы

К внутренним показателям относятся:

- количество потенциальных участников. После определения приоритетных направлений развития аграрного сектора экономики произведем расчет количества потенциальных участников по формуле:

$$Y_{ar} = \left(\sum_{i=1}^n p_i \times \frac{p_{inv}}{p_{общ}} \right) + p_6, \quad (2)$$

где n – количество районов, вошедших в состав землепользования агрокластера;

p_i – количество сельскохозяйственных производителей соответствующей специализации;

p_6 – количество предприятий, специализирующихся на переработке соответствующей сельскохозяйственной продукции;

p_{inv} – сельскохозяйственные производители, применяющие инновационные технологии производства продукции;

$p_{общ}$ – общее количество предприятий.

На основании расчетов по формуле (2), оптимальное количество участников агрокластера для отрасли растениеводство составит от 4 до 8 сельскохозяйственных предприятий.

Для отрасли животноводства от 2 до 5 участников интегрированной структуры.

Основные производители продукции кластера представлены на рис. 1.

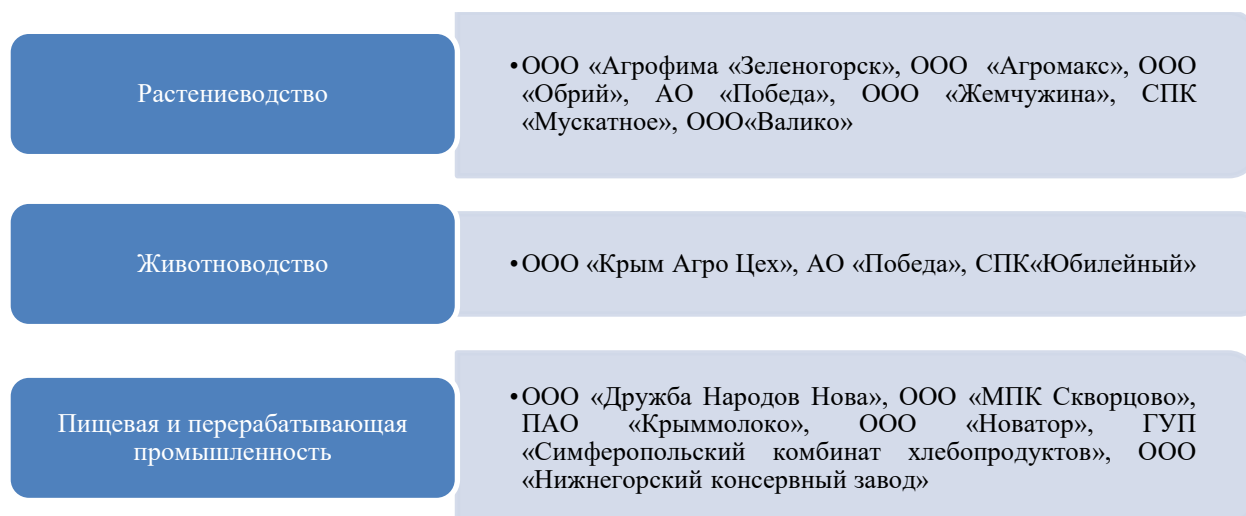


Рис. 1 – Производители продукции кластера

К земельным массивам в составе землепользования агрокластера устанавливаются следующие требования:

- массивы должны быть исследованы;
- должны отсутствовать разногласия между сторонами при изъятии и предоставлении;
- должны быть большими по размеру, правильной конфигурации, с необходимым составом земельных угодий;
- подходить для производства сельскохозяйственной продукции;
- иметь удобное расположение – связь с поселениями и дорогами общего пользования [8].

При выделении сельскохозяйственных предприятий в составе землепользования необходимо применять количественную и качественную оценку, на основании которой возможно получить достоверную информацию о потенциальных участниках интегрированной структуры.

Сельскохозяйственное предприятие, в составе землепользования агрокластера должно иметь оптимальную площадь, чтобы создавались наилучшие территориальные условия для ведения сельскохозяйственного производства и повышения его экономической эффективности [7].

Площадь оптимального размера сельскохозяйственной организации, входящей в состав землепользования агрокластера определяется на основании формулы:

$$P_{\text{опт}} = \sqrt[3]{\left(\frac{2(C_0 a_1 + a_{\text{ж}}) \times t}{\left[0,025 \times g \times S_p + 0,1 \times \Gamma \times d + 0,1 \times \text{Ч}_n \times S_n \left(1 + \frac{2W \times n}{P_k} \right) \right] \times k_1 \times k_2 \times \lambda \times \alpha} \right)^2} \quad (3)$$

где: C_0 - общие производственные затраты хозяйства, руб/га

a_1 - коэффициент, учитывающий вид культуры и уровень концентрации посевов;

$a_{\text{ж}}$ - коэффициент, учитывающий изменение затрат на амортизацию, эксплуатацию, текущий ремонт и оплату труда;

t - число участков (полей);

g - среднегодовые затраты на полевые работы, в расчете на 1 га, чел. – дней

S_p - тариф за 1 км пробега автомашины, руб./км.

Γ - грузооборот с единицы площади, тонн/га;

d - коэффициент, учитывающий тариф перевозок автомобильным транспортом, руб. за тонну;

Ч_n - число переездов сельскохозяйственной техники, в расчете на 1 га

W - сменная выработка комбайна на уборке зерновых, га/смену

n - число основных агрегатов, участвующих в технологических операциях, ед.;

P_k - средняя площадь поля (контур пашни, рабочего участка), га.

k_1 - коэффициент, учитывающий конфигурацию землепользования;

k_2 - коэффициент, учитывающий кривизну дорог;

λ - удельный вес зерновых в структуре посевов, в долях единицы;

α - удельный вес пашни в общей площади землепользования, в долях единицы.

Используя данную формулу, произведем расчет оптимальных размеров землепользований агрокластера Республики Крым, имеющих разную специализацию и неодинаковые пространственные условия (табл. 3).

Таблица 3 – Примерные оптимальные размеры сельскохозяйственных предприятий землепользования агрокластера Республики Крым

Специализация хозяйства	Ед. измерения	Пространственные условия		
		лучшие (хоз. центр расположен в центре тяжести массива, имеющего форму квадрата, $O=1$, $K_1=0,383$, $K_2=1,2$)	средние (хоз. центр размещен на середине большей стороны массива, имеющего форму прямоугольника $O=5$, $K_1=0,633$, $K_2=1,4$)	худшие (хоз. центр размещен в вершине меньшего угла массива, имеющего форму прямоугольного треугольника $O=5$, $K_1=2,122$, $K_2=1,6$)
Зерновая	тыс. га пашни	8–10	6–8	3–5
Зерново-животноводческая	тыс. га с.-х. угодий	7–9	5–7	3–4
Свиноводческая	тыс. га пашни	4–6	3–5	1–2
Плодоводческая	тыс. га пашни	4–5	3–4	1,5–2,5
Плодово-виноградные	тыс. га садов и виноградников	1–2	0,7–1,4	0,4–0,9

Проанализировав факторы, влияющие на формирование землепользования агрокластера необходимо ранжировать их по уровням значимости.

Результаты анализа были сведены в таблицу 4, в которой приведено два уровня факторов по степени влияния при формировании землепользования агрокластера.

Таблица 4 – Основные факторы, оказывающие влияние при формировании землепользования агрокластера

Факторы		Показатели
<i>1. Внешние факторы</i>		
1.1. Природно-климатические	климат	- количество выпадающих осадков; - интенсивность ливней и снеготаяния; - среднегодовая температура воздуха; направляемость и повторяемость господствующих ветров; - продолжительность пастбищного периода.
	почвы	- типы почв; - почвенные разновидности, их механический состав; - подверженность эрозионным процессам; - загрязнение почв радиоактивными и химическими веществами и других негативных процессов.
	рельеф и гидрография	- тепловой и водный режим; - условия увлажнения; водная и ветровая эрозия; -общий характер рельефа;
1.2. Анализ вида экономической деятельности	коэффициент специализации производства	- объем выпуска i–го вида экономической деятельности на территории t; - общий объем выпуска i–го вида экономической деятельности на стране; - объем валового выпуска на территории t; - объем валового выпуска в стране.
1.3. Степень концентрации сельского хозяйства	анализ специализации сельскохозяйственного производства	- потенциальный объем внутреннего спроса; - потенциальный объем внешнего спроса.
1.4. Наука и образование	внедрение научно- исследовательских работ в производства; получение студентами практических знаний; подготовка квалифицированных специалистов, обеспечение трудоустройства студентов.	- реализация стратегий устойчивого развития в области образования; открытие новых специальностей; переподготовка и повышение квалификации специалистов отрасли
1.5. Региональные органы управления в сельском хозяйстве	привлечение предприятий к партнерству и интеграции; образование единой базы данных; увеличение инвестиционной привлекательности региона; контроль финансовой деятельности участников кластера; обеспечение рационального использования земель с.х. назначения	- разработка и реализация программ устойчивого социально-экономического развития сельских территорий .
<i>2. Внутренние факторы</i>		
2.1. Количество потенциальных участников		- количество районов, вошедших в состав землепользования агрокластера; - количество сельскохозяйственных производителей соответствующий специализации; - количество предприятий, специализирующихся на переработке соответствующей сельскохозяйственной продукции;
2.2. Техничко-экономические показатели	пространственные	- площадь; - местоположение; конфигурация; - число и форма участков, - средний размер контура, - длина и ширина участков, полей, межполосных пространств, - размером сторон, расстоянием между наиболее удаленными контурами угодий.
	производственное направление хозяйства	- специализация, соотношение отраслей и другие общие условия; -
	трудовые ресурсы	- количество трудоспособных, а также условия использования наемного труда
	материально-технические ресурсы	- уровень механизации производственных процессов и производительность труда

Формирование землепользования агрокластера представляет собой сложно зависимый процесс, обеспечивающий решение региональной задачи, направленной на устойчивое пространственное развитие [9], [10]. При формировании землепользования агрокластера необходимо учитывать внешние и внутренние факторы, которые представляют собой экономические показатели ведения хозяйства, технологические условия производства сельскохозяйственной продукции, правовые аспекты владения и пользования землей, а также технические условия формирования земельного массива, обеспечивающие его компактность, территориальную доступность и другие условия.

Заключение

Таким образом, формирование землепользования агрокластера – методически сложная задача, требующая применения указанных инструментов и привлечения больших данных. При разработке проекта землепользования агрокластера необходимо учитывать репрезентативные показатели, так как формирование землепользования зависит от таких факторов как: состояние финансовой, энергетической, транспортной инфраструктуры региона; уровень инвестиционной активности со стороны органов власти и частных предпринимателей; наличие необходимой нормативно-правовой базы, системы информационного и кадрового обеспечения потенциальных участников кластера и состояние производственного и научно-технического потенциала отраслей, претендующих на переход к кластерной формы организации производства и т.д. Применение больших данных с учетом большого количества факторов даст возможность формировать правильные управленческие решения для устойчивого пространственного развития.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Российская Федерация. Российская Федерация. Законы. О землеустройстве : Федеральный закон № 78-ФЗ : [принят Государственной Думой 2001-05-24 : одоб. Советом Федерации 2001-06-06]. 2011.
2. Папаскири Т.В. Автоматизация землеустроительного проектирования (экономика и организация) / Т.В. Папаскири – М.: ГУЗ, 2013. – 159 с.
3. Папаскири Т.В. Инновационный проект и макет агротехнопарка «Горное» / Т.В. Папаскири И.И. Широкоград М.Ю. Толмачев и др. – М.: ГУЗ, 2013. – 130 с.
4. Папаскири Т.В. Информационное обеспечение землеустройства / Т.В. Папаскири – М.: Изд-во ГУЗ, 2013. – 160 с.
5. Цыпкин Ю.А. Корпоративное управление: подходы и методы оценки недвижимого имущества: Практика их применения / Ю.А. Цыпкин, Н.В. Комов, С.В. Шарипов – Москва : Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Государственный университет по землеустройству, 2020. – 148 с.
6. Папаскири Т.В. Территориальная организация агротехнопарков в системе «наука – образование – производство» / Т.В. Папаскири, Е.П. Ананичева – М.: ГУЗ, 2013. – 256 с.
7. Алтухов А.И. Управление проектами пространственного развития / А.И. Алтухов, В.М. Баутин, Т.В. Ближнюкова и др. – Москва : ИП Осминина Е.О., 2020. – 538 с.
8. Комов Н.В. Устойчивое пространственное развитие: проектирование и управление / Н.В. Комов, С.А. Шарипов, С.И. Носов и др. – М.: Губарев Евгений Владимирович, 2021. – 752 с.
9. Ащерова А.А. Особенности формирования агрокластеров на территории Республики Крым. / А.А. Ащерова // Международный журнал прикладных наук и технологий Интеграл. – 2018. – 2. – с. 5-12.
10. Ащерова А.А. Теоретические основы формирования и функционирования интегрированных структур в агропромышленном комплексе региона / А.А. Ащерова // Инновационные кластеры в глобальной экономике: теория и практика. Сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции 23 февраля 2019 г. с. 13-17

Список литературы на английском языке / References in English

1. Russian Federation. Rossijskaya Federaciya. Zakony'. O zemleustrojstve [Russian Federation. The laws. About land management] : Federal Law № 78-ФЗ : [accepted by State Duma 2001-05-24 : approved by Federation Council 2001-06-06]. 2011. [in Russian]
2. Papaskiri T.V. Avtomatizaciya zemleustroitel'nogo proektirovaniya (e'konomika i organizaciya) [Automation of land management design (economics and organization)] / T.V. Papaskiri – M.: GUZ, 2013. – 159 p. [in Russian]
3. Papaskiri T.V. Innovacionny'j proekt i maket agrotexnoparka «Gornoe» [Halfway. Innovative project and layout of the Gornoye agro-industrial park] / T.V. Papaskiri I.I. Shirokorad M.Yu. Tolmachev et al. – M.: GUZ, 2013. – 130 p. [in Russian]
4. Papaskiri T.V. Informacionnoe obespechenie zemleustrojstva [Information support of land management] / T.V. Papaskiri – M.: Publishing house GUZ, 2013. – 160 p. [in Russian]
5. Cy'pkin Yu.A. Korporativnoe upravlenie: podxody' i metody' ocenki nedvizhimogo imushhestva: Praktika ix primeneniya [Corporate governance: approaches and methods of real estate appraisal: The practice of their application] / Yu.A. Cy'pkin, N.V. Komov, S.V. Sharipov – Moscow : Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vy'sshego professional'nogo obrazovaniya Gosudarstvenny'j universitet po zemleustrojstvu, 2020. – 148 p. [in Russian]
6. Papaskiri T.V. Territorial'naya organizaciya agrotexnoparkov v sisteme «nauka – obrazovanie – proizvodstvo» [Territorial organization of agricultural technology parks in the system "science - education - production"] / T.V. Papaskiri, E.P. Ananicheva – M.: GUZ, 2013. – 256 p. [in Russian]
7. Altuxov A.I. Upravlenie proektami prostranstvennogo razvitiya [Management of projects of spatial development] / A.I. Altuxov V.M. Bautin T.V. Bliznyukova et al. – Moscow : IP Os'minina E.O., 2020. – 538 p. [in Russian]

8. Komov N.V. Ustojchivoe prostranstvennoe razvitie: PROEKTIROVANIE I UPRAVLENIE [Sustainable spatial development: DESIGN AND MANAGEMENT] / N.V. KomovS.A. SharipovS.I. Nosov et al. – M.: Gubarev Evgenij Vladimirovich, 2021. – 752 p. [in Russian]

9. Ashherova A.A. Osobennosti formirovaniya agroklastеров na territorii Respubliki Kry'm [Features of the formation of agricultural clusters on the territory of the Republic of Crimea]. / A.A. Ashherova // International Journal of Applied Science and Technology Integral. – 2018. – 2. – p. 5-12 . [in Russian]

10. Ascherova A.A. Teoreticheskie osnovy formirovaniya i funkcionirovaniya integrirovannyh struktur v agropromyshlennom komplekse regiona [Theoretical foundations of the formation and functioning of integrated structures in the agro-industrial complex of the region] / A.A. Ascherova // Innovacionnye klasterы v global'noj jekonomike: teorija i praktika. Sbornik statej po itogam Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii 23 fevralja 2019 g. [Innovation clusters in the global economy: theory and practice. Collection of articles on the results of the International Scientific and Practical Conference on February 23, 2019] p. 13-17.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2021.113.11.039>

ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ ГРАМОТНОГО УЧЁТА МЕТЕОИНФОРМАЦИИ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ И ВЫПОЛНЕНИИ ПОЛЁТОВ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

Научная статья

Голитцова Н.С.^{1,*}, Будзинский В.Д.²

¹ ORCID: 0000-0002-4160-0294;

^{1, 2} Санкт-Петербургский Государственный университет гражданской авиации, Санкт-Петербург, Россия

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

Аннотация

Рассматривается система информационной поддержки принятия решений при планировании авиаперевозок и воздействие полётов на экологию. Выявленные проблемы связаны с необходимостью улучшения качества получаемой метеорологической информации для предполётной подготовки членов летных экипажей и осведомленности диспетчерского состава в прогнозируемой метеорологической обстановке, использования вертикальных разрезов атмосферы для получения необходимых метеорологических данных при планировании маршрута и ознакомления с возможными сложными метеоусловиями. Авторами предлагается внедрение конкретной методики расчета полезности прогностической информации, учитываемой на этапах планирования полетов, принятие решения на вылет, а также перепланирования в полете.

Ключевые слова: оценка экономической полезности метеорологических прогнозов, повышение экологической безопасности полётов, опасные явления погоды для авиации, планирование воздушного движения.

JUSTIFICATION OF THE NEED FOR COMPETENT ACCOUNTING OF METEOROLOGICAL INFORMATION IN THE PLANNING AND EXECUTION OF AIRCRAFT FLIGHTS

Research article

Golitsova N.S.^{1,*}, Budzinsky V.D.²

¹ ORCID: 0000-0002-4160-0294;

^{1, 2} Saint Petersburg State University of Civil Aviation, Saint Petersburg, Russia

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

Abstract

The current article examines the system of information support for decision-making in the planning of air transportation and the impact of flights on the environment. The identified problems are related to the need to improve the quality of meteorological information received for pre-flight training of flight crew members and awareness of the dispatching staff in the predicted meteorological situation, the use of vertical sections of the atmosphere to obtain the necessary meteorological data when planning a route and familiarization with possible difficult weather conditions. The authors propose the introduction of a specific methodology for calculating the usefulness of predictive information taken into account at the stages of flight planning, decision-making for departure, as well as in-flight rescheduling.

Keywords: assessment of the economic usefulness of meteorological forecasts, improvement of environmental safety of flights, dangerous weather phenomena for aviation, air traffic planning.

Введение

Использование специализированной гидрометеорологической информации позволяет снижать погодные риски, предотвращать возможные ущербы или сокращать воздействия неблагоприятных погодных условий в ежедневной работе авиационных предприятий. В 2020 году общий экономический эффект от использования гидрометеорологической информации во многих отраслях экономики превысил показатели 2019 г и составил 56,5 млрд руб. [1] На рисунке 1 представлено распределение экономического эффекта по видам экономической деятельности за 2020 год.

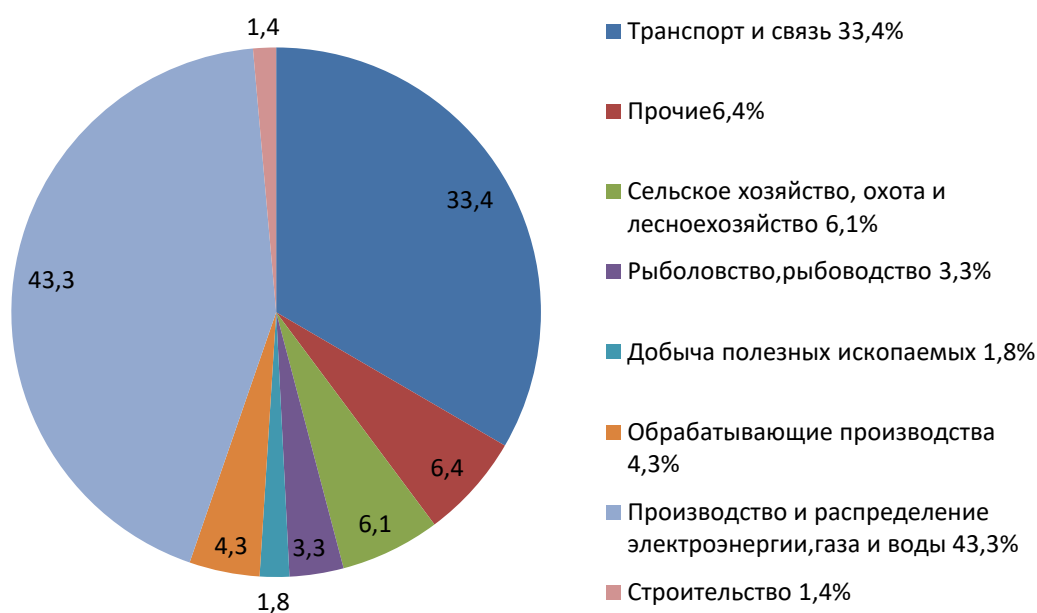


Рис. 1 – Распределение ЭЭ по видам экономической деятельности

Спецификой авиационных потребителей метеорологической информации является то, что деятельность происходит в условиях наиболее высокого риска метеорологической опасности, так как именно авиация в наибольшей степени подвержена влиянию опасных явлений погоды. Авиационные потребители заинтересованы в получении данных о фактических и прогностических условиях погоды, включая специализированные прогнозы, что в итоге составляет 83,3 % метеорологической информации [8].

На этапе организации планирования полётов ВС долгосрочное и среднесрочное прогнозирование метеорологических условий, основанное в том числе на данных о региональных климатических особенностях и информации, получаемой от сети доступных средств метеорологических наблюдений, так и данных многолетних изменений климата в условиях его глобального потепления. Развитие такого подхода к планированию полетов ВС позволит снизить количество инцидентов и катастроф, связанных с метеоусловиями, число ВС, ушедших на запасные аэродромы и, следовательно, финансовые издержки авиакомпаний. Также, за счет повышения топливной эффективности можно достичь уменьшения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, что положительно повлияет на экологическую безопасность.

На сегодняшний день российские пилоты-любители, авиакомпании получают метеорологическую информацию от органов «Авиаметтелеком Росгидромета», а также из Интернета у иностранных провайдеров, таких как: SITA (Швейцария), Jeppesen (США; входит в Boeing), Lido (Германия), JetPlanning (Германия). В то же время информация, предоставляемая в открытом доступе, не всегда вызывает доверие.

Авторами было разработано одно из направлений совершенствования системы информационной поддержки принятия решений, заключающееся в развитии технологий оперативного предоставления пользователям воздушного пространства (ВП) актуальной и достоверной информации об условиях погоды в радиусе аэродромной зоны с использованием гидродинамической модели атмосферы высокого разрешения и специализированных данных аэродромных наблюдений и данных полученных с борта воздушного судна (ВС). В целях обоснования целесообразности внедрения нового подхода при осуществлении планирования авиаперевозок авторами была проведена оценка точности прогноза полей параметров атмосферы и его полезности.

Оценка точности прогноза параметров атмосферы

Одной из основных задач авиации является обеспечение экономичности полетов ВС. Прогнозы погоды непосредственно связаны с данным фактором, не трудно в этом удостовериться. Например, если в прогнозе погоды по маршруту не было сказано о вероятности появления грозы, то пилоты, естественно, не рассчитывали на то, что им придется применять маневры по обходу зоны грозовой деятельности, либо прибегать к иным мерам обеспечения безопасности полета. Это, в свою очередь спровоцирует появление непредвиденных расходов на топливо, место стоянки и т.п. В другом же случае, члены экипажа имеют возможность заранее подготовиться к явлениям, с которыми они могут столкнуться при выполнении полета по маршруту, а также диспетчер может помочь экипажу проложить безопасный и наиболее экономичный маршрут полета, следуя по которому экипаж сможет сохранить активы авиакомпании, не понеся убытков на непредвиденные обстоятельства. Следует упомянуть, что чем меньше полетное время, тем меньше негативного экологического воздействия оказывает полет ВС на окружающую среду, тем самым повышение точности прогнозирования оказывает позитивное влияние на экологическую безопасность.

Становится очевидно, что точность прогноза является очень важной его характеристикой. Именно она помогает оценить, насколько средства получения метеорологической информации предоставляют точную информацию, с помощью чего можно сделать вывод о необходимости их усовершенствования. Точность авиационного прогноза можно охарактеризовать при помощи специальной матрицы – матрицы оправдываемости прогнозов параметров атмосферы. Полезность данной матрицы заключается в том, что ее можно составить и провести качественный анализ

для каждого параметра атмосферы, включая погодные явления. Допустим, у нас есть определенные данные по диагностическому ветру. Составляем матрицу в виде Таблицы 1:

Таблица 1 – Матрица оправдываемости прогноза диагностического ветра

Факт, Φ_i	Прогноз, Π_j , (V, м/с)		$\sum_{j=1}^m n_j$
	Π ($V \geq 12 \text{ м/с}$)	Π' ($V = 0 \div 11 \text{ м/с}$)	
Φ	72	6	78
Φ'	55	291	346
$\sum_{i=1}^n n_i$	127	297	424

Примечание: в данной матрице: Φ – явление наблюдалось; Φ' – явление не наблюдалось; Π – явление неблагоприятного условия погоды прогнозировалось; Π' – явление неблагоприятного условия погоды не прогнозировалось [2]

Анализируя данную матрицу, мы можем определить успешность прогнозов. Согласно ФАП «Предоставление метеорологической информации для обеспечения полетов воздушных судов» [3] (Приказ Минтранса России от 03.03.2014 № 60), в 80% случаев прогнозы должны предсказывать величину ветра в диапазоне ± 3 м/с. Теперь посмотрим на отношение несбывшихся прогнозов к сбывшимся:

$$X = \left(1 - \frac{6 + 55}{72 + 291}\right) \times 100\% \approx 83\%,$$

где X – процент, показывающий, в скольких случаях явление, которое было спрогнозировано, реально наблюдалось [4].

В данном случае мы можем сказать, что прогнозы, получаемые по предложенному авторами методу [4], положенному в основу технологии совершенствования системы информационной поддержки принятия решений, удовлетворяют требованиям к точности метеорологической информации для обеспечения приемлемого уровня безопасности полетов.

Рассмотрим, к каким последствиям может привести низкая точность определения скорости ветра в прогнозе. Члены летных экипажей не имеют права производить взлет и посадку при определенном значении скорости ветра, эти ограничения также прописаны для отдельного типа воздушного судна в руководстве по летной эксплуатации. Очевидно, что если на аэродроме посадки наблюдается увеличение скорости ветра, то самолет безопаснее и экономически выгоднее оставить на земле. Неподходящие условия по скорости ветра могут привести к задержкам рейсов, непредвиденным уходом на второй круг или к уходу на запасной аэродром. Также это влияет на безопасность полетов, так как повышаются риски совершения авиационных инцидентов, либо происшествий. Стоит упомянуть и экономические потери авиакомпаний вследствие этих действий.

Оценка полезности прогноза параметров атмосферы

Наряду с точностью прогнозов следует также рассмотреть и такую характеристику, как их полезность.

Авторами предлагается внедрение методики расчета полезности прогностической информации, учитываемой на этапах планирования полетов, принятия решения на вылет, а также перепланирования в полете. Данная методика позволит выбирать качественного провайдер метеорологической информации на основе оценки точности предоставляемой прогностической информации, и обосновать целесообразность предлагаемого авторами нового подхода к совершенствованию системы информационной поддержки принятия решений, основанного на внедрении разработанной технологии получения метеорологической информации и предоставления ее эксплуатантам [4].

Полезность прогнозов можно представить в виде функции потерь, которая выражается по следующей формуле:

$$s_{ij} = (\Phi_i * d_j);$$

где Φ_i – фактическая погода (явление, условие) в период, предусмотренный прогнозом и действие потребителя (пилота) d_j . Действие ограничивается принятием одного из двух решений: принимать защитные меры, либо не применять. Соответственно, для пилота – это либо принять решение на вылет, либо наоборот. Также для примера, на этапе захода на посадку может быть принято решение на посадку или решение на ожидание в зоне ожидания вблизи аэродрома. Матрица потерь представлена в виде следующей Таблицы 2:

Таблица 2 – Матрица потерь

Фактически наблюдалось, Φ_i	Действие, d_j	
	Принимать защитные меры	Не принимать защитные меры
Φ	$s_{11} + \varepsilon s_{12}$	s_{12}
Φ'	s_{21}	s_{22}

Примечание: в данной матрице: Φ – явление наблюдалось; Φ' – явление не наблюдалось; $s_{11} = s_{21}$ – затраты на меры защиты; s_{12} – прямые потери в случае ошибок-пропусков явления или опасного условия погоды; $s_{22} = 0$ – потери отсутствуют; ε – коэффициент непредотвращенных потерь

С помощью данной матрицы можно определить, какие потери понесет авиакомпания в зависимости от того, наблюдалось ли опасное явление погоды или нет, а также принятого решения командира воздушного судна [2], [10].

К примеру, командир воздушного судна решил не производить взлет при прогнозе шторма. В таком случае авиакомпания понесет убытки, связанные с предпринятым действием. Однако, если командир воздушного судна (КВС) принял решение об отмене полета, шторм наблюдался, и самолет был подвергнут вследствие шторма механическому воздействию (попадание инородного предмета, вызвавшее повреждение обшивки, антенн, остекления и т.п.), то авиакомпания понесет убытки, не только связанные с принятым решением КВС, но и связанные с повреждением ВС [5].

Анализируя эти данные, мы можем с уверенностью сказать, что точность и полезность авиационных прогнозов напрямую связана с безопасностью полетов, экологической безопасностью, регулярностью и экономичностью полетов [6]. С этой точки зрения существует необходимость улучшения качества получаемой метеорологической информации, улучшение качества предполетной подготовки членов летных экипажей и осведомленности диспетчерского состава в прогнозируемой обстановке, использования вертикальных разрезов атмосферы для получения необходимых метеорологических данных при планировании маршрута и ознакомления с возможными сложными метеоусловиями.

Но на всех этапах полета важна достоверная информация. Так, например, сложные условия на взлете и посадке характеризующиеся ограниченной видимостью и высотой нижней границей облачности, грозами, шквалами, сильными ливневыми осадками и вертикальными сдвигами ветра, могут стать причиной ухода ВС на запасной аэродром, полета в зоне ожидания, что в следствии повлечет увеличенный расход топлива, дополнительные экономические потери авиакомпании, повышенное загрязнение атмосферы [7], [9].

Таким образом, внедрение предлагаемого авторами подхода совершенствования системы информационной поддержки принятия решений при планировании авиаперевозок и технологии получения и передачи пользователям метеорологической информации является целесообразным с точки зрения улучшения экологической и экономической ситуации. Реализация этих предложений будет способствовать повышению уровня безопасности полетов, экологической безопасности и снижению стоимости авиаперевозок, что в первую очередь коснется внутреннего рынка.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Обзор деятельности Росгидромета, 2020 г., С.12
2. Дробжева Я.В. Метеорологические прогнозы и их экономическая полезность. Учебное пособие / Я.В. Дробжева, О.В. Волобуева. – СПб.: Адмирал, 2016 -116 с.
3. ФАП «Предоставление метеорологической информации для обеспечения полетов воздушных судов», 2014. -58 с.
4. Moiseeva N.O. Methodological issues of improving the efficiency of meteorological support for regional air transportation / N.O. Moiseeva, G.V. Kovalenko // International journal of engineering and technology. 2013. С. 13
5. Богаткин О.Г. Анализ и прогноз погоды для авиации / О.Г. Богаткин, В.Д. Еикеева. С.-Петербург, Гидрометеиздат, 1992г., -348 с.
6. Бородинова А.С. Оценка экономической эффективности метеорологического обеспечения полетов в Российской Федерации / А.С. Бородинова, Л.Ю. Белоусова // Международный Научно-исследовательский журнал, 2015 г. С. 5
7. Руководство ВМО по возмещению расходов на авиационное метеорологическое обслуживание, 2008 г., -147с
8. ООН, Из-за пандемии число авиапассажиров сократилось до уровня 2003 год. [Электронный ресурс]: URL: <https://news.un.org/ru/story/2021/01/1394402> (дата обращения: 23.09.2021)
9. Белов Э.А. Метеорологическое обеспечение полетов гражданской авиации: проблемы и пути их решения» / Э.А. Белов. 2018. - 251 с.
10. Новиков П.В. Алгоритм высокоточных вычислений метеодобавки скорости ветра для участка полета воздушного средства / П.В. Новиков // Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2012. № 11. С. 5–7. [Электронный ресурс]: URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=17105440> (дата обращения: 23.09.2021)

Список литературы на английском языке / References in English

1. Obzor dejatel'nosti Rosgidrometa [Review of the activities of Rosgidromet], 2020, p.12 [in Russian]
2. Drobzheva Ya.V. Meteorologicheskie prognozy i ikh ehkonomicheskaja poleznost'. Uchebnoe posobie [Meteorological forecasts and their economic usefulness. Textbook] / Ya.V. Drobzheva, O.V. Volobueva. - St. Petersburg: Admiral, 2016 - 116 p. [in Russian]
3. Federal Aviation Regulations Predostavlenie meteorologicheskoy informacii dlja obespecheniya poletov vozdukhnykh sudov ["Provision of meteorological information for aircraft flights"], 2014. - 58 p. [in Russian]
4. Moiseeva N.O. Methodological issues of improving the efficiency of meteorological support for regional air transportation / N.O. Moiseeva, G.V. Kovalenko // International journal of engineering and technology. 2013. C. 13
5. Bogatkin O.G. Analiz i prognoz pogody dlja aviatsii [Analysis and weather forecast for aviation purposes] / O. G. Bogatkin, V. D. Eikeeva. St. Petersburg, Hydrometeoizdat, 1992, -348 p. [in Russian]
6. Borodinova A.S. Ocenka ehkonomicheskoy ehffektivnosti meteorologicheskogo obespecheniya poletov v Rossijskoy Federacii [Assessment of the economic efficiency of meteorological support of flights in the Russian Federation] / A. S. Borodinova, L. Yu. Belousova // Mezhdunarodnyy Nauchno-issledovatel'skiy zhurnal [International Research Journal], 2015, p.5 [in Russian]
7. Rukovodstvo VMO po vozmeshheniju raskhodov na aviacionnoe meteorologicheskoe obsluzhivanie [WMO Guidelines on Reimbursement of Costs for Aviation Meteorological Services], 2008, -147 p. [in Russian]
8. OON, Iz-za pandemii chislo aviapassazhirov sokratilos' do urovnja 2003 god [UN, Due to the pandemic, the number of air passengers decreased to the level of 2003]. [Electronic resource]. URL: <https://news.un.org/ru/story/2021/01/1394402> (accessed: 23.09.2021) [in Russian]
9. Belov E.A. Meteorologicheskoe obespechenie poletov grazhdanskoy aviatsii: problemy i puti ikh resheniya ["Meteorological support of civil aviation flights: problems and ways to solve them"] / E. A. Belov, 2018, -251 p. [in Russian]
10. Novikov P.V. Algoritm vysokotochnykh vychislenij meteorologicheskoy korekcii skorosti vetra dlja uchastka poleta vozdušnogo sredstva [The algorithm of high-precision calculations of the wind speed meteorological correction for the flight section of the aircraft] / P. V. Novikov // Nauka i obrazovanie. MG TU im. N.Eh. Bauman [Science and education. Moscow State Technical University named after N.E. Bauman]. 2012. No. 11, pp. 5-7. [Electronic resource]. URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=17105440> (accessed: 23.09.2021) [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2021.113.11.040>

МОНИТОРИНГ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ (НА ПРИМЕРЕ ЕВРЕЙСКОЙ АВТОНОМНОЙ ОБЛАСТИ)

Научная статья

Липина Л.Н.¹, Трофимов И.Ю.^{2,*}, Кононов Ю.В.³, Кожевникова И.В.⁴

² ORCID: 0000-0003-1327-4601;

^{1, 2, 3} Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск, Россия;

⁴ Калининградский государственный технический университет, Калининград, Россия

* Корреспондирующий автор (trofimov_ivan_92[at]mail.ru)

Аннотация

В статье проведён анализ обращения с отходами на территории Еврейской автономной области. Среди стихийных, трудноуправляемых антропогенных факторов, оказывающих негативное влияние на земельные ресурсы, можно выделить складирование несанкционированных отходов, которые являются основной проблемой в регионе. Отходы практически не перерабатываются, и поэтому площадь захваченных ими территорий постоянно растёт.

В работе рассмотрена принципиальная технология организации мониторинга нарушенных земель несанкционированными отходами, которая будет иметь большое значение для контроля экологического состояния не только на территории Еврейской автономной области, но и на всей территории российского Дальнего Востока.

Ключевые слова: геоинформационные технологии, мониторинг земель, отходы, нарушенные земли.

MONITORING DISTURBED LANDS USING GEOINFORMATION TECHNOLOGIES IN THE JEWISH AUTONOMOUS OBLAST

Research article

Lipina L.N.¹, Trofimov I.Yu.^{2,*}, Kononov Yu.V.³, Kozhevnikova I.V.⁴

² ORCID: 0000-0003-1327-4601;

^{1, 2, 3} Pacific National University, Khabarovsk, Russia;

⁴ Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia

* Corresponding author (trofimov_ivan_92[at]mail.ru)

Abstract

The article analyzes waste management on the territory of the Jewish Autonomous Oblast. Among the natural, difficult-to-control anthropogenic factors that have a negative impact on land resources, it is possible to single out the storage of unauthorized waste, which is the main problem in the region under study. Waste is practically not recycled, and therefore the area of the territories it is located in is constantly expanding.

The paper examines the fundamental technology of organizing the monitoring of disturbed lands by unauthorized waste, which will be of great importance for monitoring the ecological state not only in the Jewish Autonomous Oblast but also throughout the Russian Far East.

Keywords: geoinformation technologies, land monitoring, waste, disturbed lands.

Введение

Земля имеет особую ценность, выполняет экологическую и ресурсную функцию – как объективно существующий природный объект, социальную функцию – как место и условие жизни человека, пространственно-политическую функцию – как территория государства, экономическую функцию – как объект хозяйствования. Из чего появляется необходимость особого, рационального использования земельных ресурсов и их охраны.

Среди стихийных, трудноуправляемых антропогенных факторов, оказывающих негативное влияние на земельные ресурсы, можно выделить складирование несанкционированных отходов, которые являются проблемой не только в Дальневосточном регионе, но и в Российской Федерации (РФ). Отходы в РФ практически не перерабатываются, и поэтому площадь захваченных ими территорий постоянно растёт. Для решения этих проблем необходимо сформировать систему мониторинга с применением информационных технологий.

На сегодняшний день в России существует система мониторинга окружающей среды, научные основы которой были заложены и развиты в научных трудах ведущих ученых – М.Е. Берлянда, А.А. Варламова, В. С. Тикунова, Г.В. Калабина, Б.И. Кочурова, Саксина Б.Г. и др. Вместе с тем, действующая система мониторинга не достаточно конкретизирована для локального уровня, особенно применительно к задачам, связанным с выявлением антропогенного изменения состояния природных и природно-техногенных систем.

В связи с постоянным ростом значения земельных ресурсов целесообразно проведение мониторинга использования земель в пределах отдельных районов и городских округов для получения наиболее полного и достоверного анализа использования земель. До настоящего времени не разработаны научные подходы к созданию и использованию геоинформационной системы (ГИС) для мониторинга земель, нарушенных несанкционированными отходами, которая способствовала бы принятию решений, но предотвращению захламления земель. Ключевым аспектом разработки ГИС мониторинга земель, нарушенных несанкционированными отходами, является всестороннее изучение феномена захламления земель с целью определения того, какая именно информация должна собираться и генерироваться в рамках функционирования данной ГИС.

В связи с этим необходимо определить структуру и содержание мониторинга нарушенных земель при помощи информационных технологий в южных районах российского Дальнего Востока. Для решения поставленной цели

рассмотрен один из регионов юга Дальнего Востока – Еврейская автономная область (ЕАО). Кроме того, намечены ряд основных задач:

- рассмотреть теоретические и методологические основы мониторинга земель, нарушенных антропогенной деятельностью;
- определить влияние на трансформацию и экологическое состояние земель,
- определить этапы разработки ГИС мониторинга нарушенных земель несанкционированными отходами на территории ЕАО.

Территория ЕАО – 36,3 тыс. км² (рисунок 1). На западе и северо-западе область граничит с Амурской областью, на севере, северо-востоке и востоке – с Хабаровским краем. На юге на протяжении более чем 500 км по реке Амур граница области проходит по государственной границе Российской Федерации с Китайской Народной Республикой. Протяженность ЕАО с запада на восток составляет около 330 км, с севера на юг около 200 км [1]. Численность населения – 158,3 тыс. человек, из них сельское население составляет 49,6 тыс. человек (на 01.01.2020). Плотность населения – 4,36 чел./ км². Территория области разделена на 5 муниципальных районов (Биробиджанский, Ленинский, Облученский, Октябрьский, Сидовичский) и 1 городской округ (город Биробиджан).

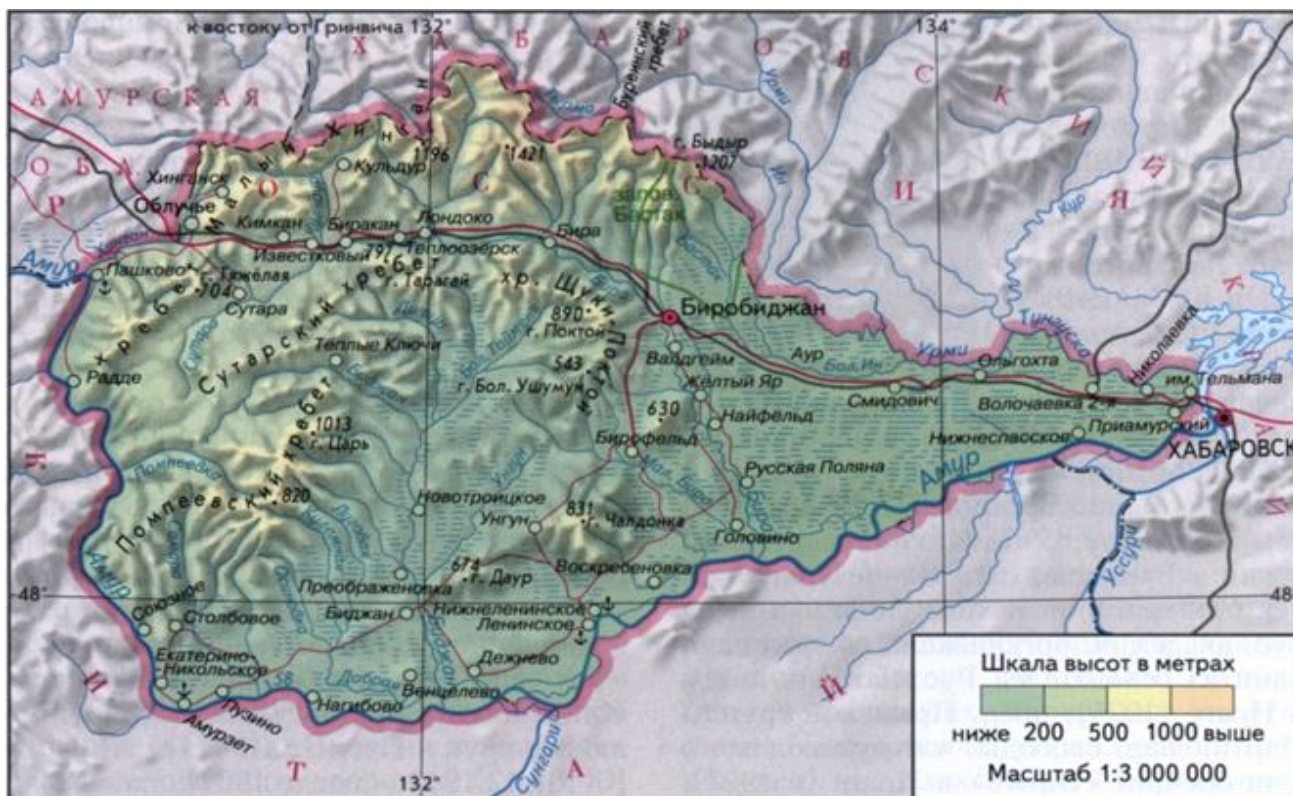


Рис. 1 – Карта Еврейской автономной области

Теоретической и методологической основой исследования являются основополагающие законы развития природы и общества, труды отечественных и зарубежных ученых в области кадастра, мониторинга земель, их информационного обеспечения.

Анализ обращения с отходами в Еврейской автономной области

С развитием промышленности появились новые материалы, разложение или переработка, которых естественным путем может длиться не одну сотню лет, а такие антропогенные нагрузки на экосистемы огромные, что приводит у деградации этих систем. Немало важный фактор – это современный объем, производимых отходов. На количество и состав образующихся отходов влияют различные факторы, связанные с экономическим развитием региона. Состав отходов, поступающих от предприятий различных форм собственности, влияют тип предприятия, его мощность, а также используемые технологии. Источниками образования отходов являются технологическое оборудование, технологический процесс, и др. На количество и состав отходов (твердых коммунальных), поступающих из жилищного фонда, влияют такие факторы, как уровень экономического развития населенных пунктов, степень благоустройства жилищного фонда, культура торговли, образ жизни и степень благосостояния населения.

Динамика образования, использования, обезвреживания, размещения отходов по видам экономической деятельности в Еврейской автономной области показана в таблице 1.

Анализируя сложившуюся систему обращения с отходами на всей территории ЕАО, можно сказать, что за последнее время резкий скачок образования отходов произошёл у предприятий различных форм собственности, особенно на предприятиях по добыче полезных ископаемых. Общее количество отходов в 2019 году выросло более, чем на 15 тонн по сравнению с 2017 годом. Основная часть отходов размещена в природной среде, в результате более 60 га земель выведены из оборота.

Таблица 1 – Динамика образования, отходов по видам экономической деятельности в ЕАО за период с 2017 по 2019 гг.

Вид экономической деятельности	2017	2018	2019
	тонны		
Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство, рыболовство и рыбоводство	33 196,068	33 227,084	33 549,064
Добыча полезных ископаемых	3 376,132	3 447,160	3 457,150
Обрабатывающее производство	14 029,829	14 053,227	14 063,261
Обеспечение электрической энергией, газом и паром, кондиционирование воздуха	53 621,239	53 789,336	53 823,133
Строительство	11 399,587	12 359,144	13 159,112
Оптовая и розничная торговля; ремонт автотранспортных средств, бытовых изделий и предметов личного пользования	1 928,829	1 947,967	1 989,698
Гостиницы и рестораны	47,147	47,499	48,110
Транспортировка и хранение	2 212,743	2 455,699	2 456,712
Финансовая деятельность	199,211	199,747	199,932
Операции с недвижимым имуществом, аренда и предоставление услуг	2 391,194	2 568,286	2 689,296
Государственное управление и обеспечение военной безопасности, социальное страхование	1 492,845	1 532,682	1 663,426
Образование	704,719	724,728	751,982
Здравоохранение и предоставление социальных услуг	16,637	16,864	17,132
Предоставление прочих коммунальных, социальных и персональных услуг	433,584	434,106	434,953
Водоснабжение; водоотведение, организация сбора и утилизации отходов	567,950	594,950	694,120
Всего	126 157,1	127 632,2	127 845,3

В соответствии с ФЗ «Об отходах производства и потребления» запрещается размещение отходов на объектах, не внесенных в государственный реестр объектов размещения отходов. Однако на сегодняшний день на территории области в государственный реестр включены только 2 объекта, которые находятся в муниципальном образовании (город Биробиджан) и полигон ТКО в районе пос. Николаевка (Смидовичский муниципальный район).

В основном сложившаяся система обезвреживания отходов в регионе основана на захоронении в отведенных и несанкционированных местах размещения, обустроенных не в соответствии с санитарно-эпидемиологическими и экологическими требованиями, и представляют большую опасность для городских и сельских поселений [2], [3]. Расчёт уровня антропогенного воздействия на административные районы ЕАО (таблица 2) показал, что наименьшую нагрузку несёт Ленинский район области. Величина отрицательного воздействия (ОВ) рассчитывалась с учётом уровня отрицательного воздействия промышленности по бальной оценке. Биоклиматический потенциал (БКП) области применялся для этой местности – 1,56.

Ленинский район характеризуется, как район с низкой плотностью населения и малой долей промышленности, относительно других четырех районов и города Биробиджан, которые несут высокий уровень антропогенной нагрузки.

Следовательно, интенсивное воздействие на природные почвенно-растительные компоненты природной среды в районах может вызвать их полную деструкцию и последующую активизацию природных экзогенных процессов, а в сочетании с высокой степенью антропогенной нагрузки к полной деградации.

Таблица 2 – Уровень антропогенного воздействия на административные районы ЕАО

Район	Величина отрицательного воздействия (ОВ)	Экологическая плотность населения (р)	Степень антропогенного воздействия (А)=ОВ*(р)	Биоклиматический потенциал (БКП)	Уровень антропогенной нагрузки (УАН) = А/БКП	Класс
Биробиджанский район, город Биробиджан	78	1,5	117	1,56	75,0	3
Ленинский район	42	1,0	42	1,56	26,9	1
Облученский район	52	1,3	67,6	1,56	43,3	2
Октябрьский район	69	1,0	69	1,56	44,2	2
Смидовичский район	55	1,3	71,5	1,56	45,8	2

Мониторинг земель

Мониторинг земель – одна из составляющих мониторинга окружающей среды и представляет собой систему наблюдений за состоянием земельного фонда для своевременного выявления изменений, их оценки, предупреждения и устранения последствий негативных процессов и непосредственно входит в состав Единой государственной системы экологического мониторинга [4].

При мониторинге нарушенных земель с использованием материалов дистанционного зондирования земли (ДЗЗ) необходимо руководствоваться рядом определенных требований к выбору показателей состояния земель, чтобы не ставить под сомнение эффективность проводимого мониторинга. Показатели должны достоверно определяться материалами многозональной космической съемки, включая материалы аэросъемки и съемки с беспилотных летательных аппаратов.

Блок исходных данных мониторинга содержит архивные данные, актуальные пространственные данные, геоинформационные сервисы (рисунок 2).

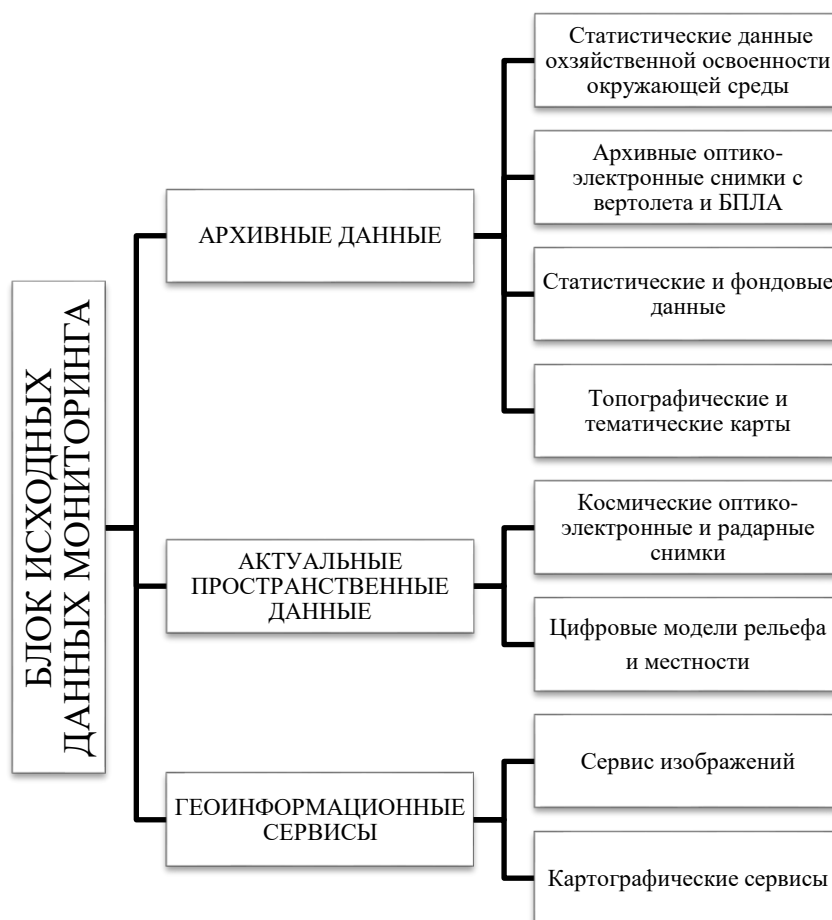


Рис. 2 – Блок-схема исходных данных мониторинга

Принципиальная технология организации мониторинга земель нарушенных земель должна включать в себя шесть блоков, функционально связанных друг с другом: исходных данных мониторинга; подготовки данных мониторинга; исследования территории нарушенных земель; картографического обеспечения; геоинформационного обеспечения [5].

В настоящее время, мониторинг земель без применения геоинформационных систем (ГИС), сложно представить. Геоинформационные технологии – процесс организации, связи, манипулирования, анализа и представления

пространственных данных. Проблема аккумуляции и систематизации этих данных решается путем формирования банка метаданных, структурированных, кодированных данных, которые описывают характеристики объектов-носителей информации, способствующие идентификации, обнаружению, оценке и управлению этими объектами. Современные ГИС-приложения позволяют работать со всеми видами данных: векторными, растровыми и базами данных [6].

Рассматривая территории ЕАО, а именно Биробиджанский район и городской округ Биробиджан, Октябрьский район, Сидовичский район по картографическим материалам состояния земель масштаба 1:100000, материалам космической съёмки: установлено, что изменения, связанные с нарушением поверхности, отрицательно сказываются на биологических характеристиках, приводящих к гибели или деградации растительности и почвенного покрова. Сведения о развитии негативных процессов на объектах работ по видам негативных процессов представлены в таблице 3. В числителе приведена площадь в гектарах, в знаменателе % от общей площади негативных процессов на объекте работ.

Таблица 3 – Сведения о развитии негативных процессов на объектах работ

Наименование объекта работ в Еврейской автономной области (ЕАО)	Заболочивание	Переувлажнение	Подтопление	Водная эрозия	Обвальное-осыпные и оползневые процессы	Загопление	Абразивные процессы	Нарушенные земли
Биробиджанский район и городской округ Биробиджан	158779	46846	2132	60334	-	86101	-	10200
	43,6	12,9	0,6	16,5	-	23,6	-	2,8
Октябрьский район	66618	70159	113	82176	-	59903	-	4205
	23,5	24,8	<0,1	29,0	-	21,2	-	1,5
Сидовичский район	336426	18182	764	6305	-	160849	-	14902
	62,6	3,4	0,1	1,2	-	29,9	-	2,8

Помимо этого, отработанные карьеры при добыче полезных ископаемых и овраги зачастую становятся местами несанкционированных свалок, куда поступают не только отходы органического происхождения, но и вместе с пищевыми отходами, бумагой, стеклянной, полимерной и металлической тарой, выбрасываются разбитые ртутьсодержащие люминесцентные лампы и термометры, тара с остатками лаков, красок, химикатов и т.п.

Учитывая вышеизложенное, в ЕАО назрела необходимость формирования и ведения геоинформационной базы данных о нарушенных землях, которая позволит выявить неучтенные, фактически используемые земельные участки хозяйствующими субъектами и включить их в налогооблагаемую базу, создать систему мониторинга нарушенных земель с использованием ГИС-технологий, сформировать обоснованную систему мероприятий по рациональному использованию земель и выработке механизмов регулирования эффективного использования земель на территории Еврейской автономной области.

Причем в такую базу данных может входить информация не только о землях, нарушенных антропогенным воздействием, но и нарушенных различными природными процессами и явлениями.

Как показывает практика, обычно у каждого ведомства есть своя геоинформационная система и различные элементы, требуемые для ГИС мониторинга несанкционированных свалок, уже есть, но они разрознены и находятся в ведении разных структур:

- детальная топооснова находится у Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии;
- кадастровая информация и сведения о нарушенных землях находятся в управлениях также у Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии;
- оперативная съёмка высокого разрешения на лесные земли у различных лесничеств;
- сведения об экологических правонарушениях в органах Федеральной службы по надзору в сфере природопользования;
- сведения о местонахождении новых свалок на картографических страницах сайтов общественных организаций (TrashOut, kartasvalok.ru и т.п.), и т.д.

Поэтому нет никакого смысла отдельно дублировать информацию, собранную вышеуказанными организациями, эффективнее получать от них нужную информацию и непосредственно подключать к БД определённого региона. Дополнительным источником информации о несанкционированных свалках отходов может служить местное население, как самое заинтересованное лицо в этом вопросе. Однако, население с большей готовностью размещает информацию на сайтах общественных организаций, в частности пользуясь перечисленными выше интернет-сервисами, где просматривается один общий минус – односторонняя связь по линии местный житель →

администрация (и наоборот). Поэтому ГИС мониторинг нарушенных земель несанкционированными отходами необходимо определить содержание и этапы разработки ГИС.

Разработку ГИС мониторинга нарушенных земель на территории ЕАО предложено проводить поэтапно (таблица 4), определены задачи для каждого этапа.

Таблица 4 – Этапы разработки ГИС мониторинга нарушенных земель несанкционированными свалками ТКО на территории ЕАО

Наименование этапа	Задачи этапа
Определение целей и задач ГИС и требований к ней	1. Определение цели ГИС. 2. Определение основных задач ГИС. 3. Определение Требования, предъявляемых к содержанию и функциям ГИС.
Разработка структуры	1. Определение необходимых геоинформационных моделей. 2. Определение состава признаков, характеризующих объекты, способов их идентификации и пространственной регистрации. 3. Подбор, а при необходимости разработка математико-картографического обеспечения геоинформационного моделирования. 4. Определение картографической основы и информационных ресурсов для ведения базы данных. 5. Формирование структуры базы данных. 6. Разработка системы методов работы с данными (включая взаимодействие с уже существующими базами данных, содержащими необходимую информацию). 7. Выбор программного и аппаратного обеспечения.
Ввод данных	1. Наполнение ГИС данными. 2. Интеграция с другими информационными системами, системами ДЗЗ, электронными приборами.
Апробация и коррекция системы	1. Подготовка к использованию. 2. Выявление ошибок при работе с ГИС. 3. Редактирование проблемных зон ГИС.

Заключение

Разрабатываемая ГИС планируется к использованию отделом мониторинга земель Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии по Еврейской автономной области и другими ведомствами. В качестве программной части ГИС мониторинга нарушенных земель следует использовать кроссплатформенное программное обеспечение с открытым исходным кодом так как благодаря такому подходу можно избежать излишних затрат, связанных с необходимостью использования программных продуктов только определённого поставщика, а также в целях лучшей совместимости различных компонентов ГИС.

Геоинформационная система мониторинга земель, нарушенных несанкционированными отходами, имеет огромное значение для контроля экологического состояния территорий не только на территории Еврейской автономной области, но и на всей территории российского Дальнего Востока.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Официальный портал органов государственной власти ЕАО. - [Электронный ресурс]. URL: <http://www.eao.ru/isp-vlast/upravlenie-zhilishchno-kommunalnogo-khozyaystva-i-energetiki-pravitelstva/obrashchenie-s-tverdymi-kommunalnymi-otkhodami/>. (дата обращения: 12.09.2021)
2. Федеральный закон «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» от 30 марта 1999 г. № 52-ФЗ.
3. Загорская, Е.П. Несанкционированные свалки - стихийный антропогенный фактор на урбанизированных территориях / Е.П. Загорская, Р.И. Чигарев // Известия Самарского научного центра РАН. – 2018 г. - №5-4.
4. Липина Л.Н. Дистанционный мониторинг для использования, охраны и контроля лесов Приморского края / Л.Н. Липина, В.Ф. Булавицкий, К. А. Королёв // Материалы Международной научно-практической конференции. Выпуск 17. Дальний Восток: Проблемы и развития архитектурно-строительного и дорожно-транспортного комплекса. Тихоокеанский государственный университет. – 2017. – С. 307–311.
5. Панин Д. Н. Цифровая безопасность умных городов / Д. Н. Панин, П. В. Железнова, О. С. Лапаева и др. // МНИЖ. 2019. № 11—1(89). С. 31—33.
6. Крутева О. В. Управление качеством окружающей среды как один из индикаторов Smart Cities / О. В. Крутева, Н. Н. Дегтярева // Бизнес. Образование. Право. 2020. № 3 (52). С. 217–222.
7. Kemmouche A. Mapping of built-up area density from satellite images using morphological granulometries / A. Kemmouche, R. Khedam, C. Mering // ISPRS TC VII Symposium – 100 Years ISPRS. 2010. V. XXXVIII. Part 7A. P. 94–99.
8. Липина Л.Н. Состояние изученности вопроса геоинформационных технологий в решении экологических задач: Проблемы комплексного освоения георесурсов / Л.Н. Липина, В.И. Усиков // Материалы VI Всероссийской научной конференции с участием иностранных ученых. – 2017. – С. 205-210.

9. Вдовенко А.В. Структура информационного обеспечения мониторинга речных прибрежных территорий Амурского Сахалинского региона / А.В. Вдовенко // Научное обеспечение технического и социального развития Дальневосточного региона. Сборник научных статей к 60-летию Тихоокеанского государственного университета. Хабаровск, 2018. С. 9-13.

10. Новоселов, А. Л. Моделирование развития городской рекреации на основе софинансирования / А. Л. Новоселов, И. Ю. Новоселова, В. А. Лобковский // Экология урбанизированных территорий. – 2018. – № 1. – С. 90-94.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Ofitsial'nyy portal organov gosudarstvennoy vlasti YEAO [Official portal of the state authorities of the Jewish Autonomous Region] - [Electronic resource]. URL: <http://www.eao.ru/isp-vlast/upravlenie-zhilishchno-kommunalnogo-khozyaystva-i-energetiki-pravitelstva/obrashchenie-s-tverdymi-kommunalnymi-otkhodami/>. (accessed: 12.09.2021) [in Russian]

2. Federal'nyy zakon «O sanitarno-epidemiologicheskom blagopoluchii naseleniya» [Federal Law "On the Sanitary and Epidemiological Welfare of the Population"] dated March 30, 1999 No. 52-FZ. [in Russian]

3. Zagorskaya, E.P. Nesanktsionirovannyye svalki - stikhiyny antropogennyy faktor na urbanizirovannykh territoriyakh [Unauthorized landfills - a spontaneous anthropogenic factor in urbanized areas] / E.P. Zagorskaya, R.I. Chigarev // Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN [News of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences] - 2018 - №5-4. [in Russian]

4. Lipina L.N. Dstantsionnyy monitoring dlya ispol'zovaniya, okhrany i kontrolya lesov Primorskogo kraia [Remote monitoring for the use, protection and control of forests in Primorsky Krai] / L.N. Lipina, V.F. Bulavitsky, K.A. Korolev // Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Dal'niy Vostok: Problemy i razvitiya arkhitekturno-stroitel'nogo i dorozhno-transportnogo kompleksa. Tikhookeanskiy gosudarstvennyy universitet [Materials of the International scientific and practical conference. Issue 17. The Far East: Problems and Development of the Architectural and Construction and Road Transport Complex. Pacific State University]. - 2017. - P. 307–311. [in Russian]

5. Panin D.N. Tsifrovaya bezopasnost' umnykh gorodov [Digital safety of smart cities] / D.N. Panin, P.V. Zheleznova, O.S. Lapaeva, D.D. Novikova // MNIZh. 2019. No. 11-1 (89). P. 31-33. [in Russian]

6. Kruteeva O.V. Upravleniye kachestvom okruzhayushchey sredy kak odin iz indikatorov Smart Cities [Environmental quality management as one of the indicators of Smart Cities] / O.V. Kruteeva, N.N. Degtyareva // Biznes. Obrazovaniye. Pravo. [Business. Education. Right.] 2020. No. 3 (52). P. 217-222. [in Russian]

7. Kemmouche A. Mapping of built-up area density from satellite images using morphological granulometries / A. Kemmouche, R. Khedam, C. Mering // ISPRS TC VII Symposium – 100 Years ISPRS. 2010. V. XXXVIII. Part 7A. P. 94–99.

8. Lipina L.N. Sostoyaniye izuchennosti voprosa geoinformatsionnykh tekhnologiy v reshenii ekologicheskikh zadach: Problemy kompleksnogo osvoineniya georesursov. [The state of the study of the issue of geoinformation technologies in solving environmental problems: Problems of complex development of georesources] / L.N. Lipina, V.I. Usikov // Materialy VI Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii s uchastiyem inostrannykh uchenykh. [Materials of the VI All-Russian Scientific Conference with the participation of foreign scientists]. - 2017. - P. 205-210. [in Russian]

9. Vdovenko A.V. Struktura informatsionnogo obespecheniya monitoringa rechnykh pribrezhnykh territoriy Amurskoy Sakhalinskoy oblasti. [The structure of information support for monitoring of river coastal areas of the Amur-Sakhalin region] / A.V. Vdovenko // V sbornike: Nauchnoye obespecheniye tekhnicheskogo i sotsial'nogo razvitiya Dal'nevostochnogo regiona. Sbornik nauchnykh statey k 60-letiyu Tikhookeanskogo gosudarstvennogo universiteta. Khabarovsk [In the collection: Scientific support of technical and social development of the Far East region. Collection of scientific articles for the 60th anniversary of the Pacific State University. Khabarovsk], 2018. P. 9-13. [in Russian]

10. Novoselov, A.L. Modelirovaniye razvitiya gorodskoy rekreatsii na osnove sofinansirovaniya [Modeling the development of urban recreation on the basis of co-financing] / A.L. Novoselov, I. Yu. Novoselova, V.A. Lobkovsky // Ekologiya urbanizirovannykh territoriy. [Ecology of urbanized territories.] - 2018. - No. 1. - P. 90-94. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2021.113.11.041>**ПЕРСПЕКТИВЫ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ СРЕДНЕПАЛЕОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ
ВОСТОЧНОЙ ЯКУТИИ**

Научная статья

Петров Д.М.^{1,*}, Сивцев А.И.², Александров А.Р.³¹ ORCID: 0000-0002-3125-5933;² ORCID: 0000-0001-8386-2383;³ ORCID: 0000-0001-6459-8951;^{1,3} Якутский научный центр СО РАН Институт проблем нефти и газа СО РАН, Якутск, Россия;² Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова, Якутск, Россия

* Корреспондирующий автор (petrovdm_87[at]mail.ru)

Аннотация

Для выяснения наиболее перспективных участков недр предложен вариант истории геологического развития Восточной Якутии. Составлены схемы мощностей основных комплексов отложений: среднедевонско-нижнекаменноугольный, верхнепалеозойско-нижнемезозойский, верхнеюрско-нижнемеловой и верхнемелово-кайнозойский. Исходя из построенных схем толщин осадочных комплексов и показанных горизонтальных перемещений в качестве наиболее перспективной территории выделен Тастахский прогиб. Здесь предполагается наличие слабо затронутого коллизией участок среднепалеозойского рифтового бассейна. Дополнительно обоснованы и представлены перспективы нефтегазоносности верхнеюрско-нижнемелового комплекса отложений.

Ключевые слова: Восточная Якутия, Селенняхский блок, битумопроявления, Омудевский террейн, история геологического развития, перспективы нефтегазоносности, Тастахский прогиб.

**PROSPECTS OF OIL AND GAS POTENTIAL OF THE MIDDLE PALEOZOIC DEPOSITS
OF EASTERN YAKUTIA**

Research article

Petrov D.M.^{1,*}, Sivtsev A.I.², Aleksandrov A.R.³¹ ORCID: 0000-0002-3125-5933;² ORCID: 0000-0001-8386-2383;³ ORCID: 0000-0001-6459-8951;^{1,3} The Yakut Scientific Centre of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, the Institute of Oil and Gas Problems of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Yakutsk, Russia;² M. K. Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russia

* Corresponding author (petrovdm_87[at]mail.ru)

Abstract

The current study proposes a variant of the history of the geological development of Eastern Yakutia with the goal of locating the most promising subsurface areas. The authors compile the schemes of capacities of the main sediment complexes: Middle Devonian-Lower Carboniferous, Upper Paleozoic-Lower Mesozoic, Upper Jurassic-Lower Cretaceous and Upper Cretaceous-Cenozoic. According to the constructed schemes of the thicknesses of sedimentary complexes and the shown horizontal displacements, the Tastakh trough is singled out as the most promising territory. It is assumed that there is a weakly affected section of the Middle Paleozoic rift basin. Additionally, the study substantiated and presents the prospects of oil and gas potential of the Upper Jurassic-Lower Cretaceous complex of deposits.

Keywords: Eastern Yakutia, Selennyakh block, bitumen occurrences, Omulevsky terrain, history of geological development, prospects of oil and gas potential, Tastakh trough.

Введение

В качестве основных показателей перспектив региональной нефтегазоносности слабоизученных территорий являются: наличие достаточно мощных толщ осадочных пород, присутствие в их составе нефтегазоматеринских толщ – потенциальных источников углеводородов, наличие пород – коллекторов и флюидоупоров, а также наличие прямых признаков нефтегазоносности.

Все вышеперечисленные геологические элементы являются необходимым, но недостаточным условием для составления прогноза месторождений нефти и газа. Определяющими являются процессы (формирование ловушек, генерация-миграция-накопление, тектонические движения) происходившие с геологическими элементами и их последовательность. Изучение соотношения геологических элементов и процессов как метод исследования в научной литературе называется историко-генетический анализом.

Имеющаяся степень геологической изученности разреза [1], [2] и особенностей проявления тектонических процессов не позволяет провести полноценный историко-генетический анализ нефтегазообразования и нефтегазонакопления. Вместе с тем совместное рассмотрение истории геологического развития и особенностей пространственной локализации зафиксированных прямых признаков нефтегазоносности позволяют наметить наиболее перспективные на нефть и газ территории.

Постановка проблемы

В опубликованной научной литературе наибольшее количество битумопроявлений по Восточной Якутии зафиксировано в Селенняхском блоке Омудевского террейна [3]. Возможно, данное обстоятельство обусловлено,

прежде всего, относительной доступностью территории для исследователей. Селенняхский блок находится на самой западной части Омулевского террейна (рисунок, d). Омулевский терреин протягивается на 1000 км при ширине 100-150 км вдоль юго-западной и северной окраин Колымо-Омолонского супертеррейна [3].

В Селенняхском блоке Клубовым Б.А. выделены битумонасыщенных горизонтов в разрезе от верхнего ордовика до среднего девона включительно [4]. Битумы представлены от антраксолитов до окисленных нефтей, в зависимости от возраста и глубины залегания. Совместное залегание битумов различной преобразованности свидетельствует о многостадийности процессов, обусловивших их появление в разрезе. Установленные и описанные прямые признаки нефтегазонасности Селенняхского блока позволяют рассмотреть в качестве наиболее перспективных на нефть и газ отложения Омулевского террейна в частности, и всего разреза среднего палеозоя востока Якутии в целом.

Экспериментальная часть

Наиболее важным показателем при определении перспектив нефтегазонасности является определение глубины погружения перспективных осадков. Именно от глубины погружения зависит температурное поле, коллекторские свойства и степень катагенетической преобразованности исходного органического вещества. Для упрощенной оценки глубин погружения доманикоидных среднепалеозойских отложений рассмотрим историю геологического развития региона.

Досреднепалеозойский этап развития в данной работе не рассматриваются из-за отсутствия кондиционных данных.

Среднепалеозойский рифтовый этап

Рифтовая стадия выразилась формированием системы рифтовых структур на востоке Сибирского палеоконтинента. Многими исследователями отмечается унаследованное развитие рифтовых систем в пределах восточной части Сибирской платформы [5], [6]. Отмечается схожесть структурного плана среднепалеозойского структурного яруса, включающего образования среднего и верхнего девона и нижнего карбона, с рифейским. Среднепалеозойские отложения, как и рифейские, выполняют линейные грабены – авлакогены. За пределами авлакогенов среднепалеозойские отложения отсутствуют на большей восточной части платформы.

Рифтовые структуры в основании Верхоянского складчатого пояса были закартированы Третьяковым Ф.Ф. на основе интерпретации гравиметрических материалов [7]. Автор их трактует как крупные линейные грабены, ограниченные зонами листрических сбросов и возникшие в рифтовую стадию развития Верхоянской пассивной окраины (рисунок 1а).

На положительных формах практически почти целиком был денудирован осадочный комплекс каледонского возраста. Рифтовые грабены выполнялись мощными толщами преимущественно молассовых формаций с горизонтами и линзами галогенных отложений.

В среднепалеозойское время южная часть рифтового грабена, относящаяся к Ленской ветви Предверхоянского прогиба находилась на 300 км и более восточнее современного расположения. Исследованиями Ситникова В.С. и Спектора В.Б. было показано горизонтальный сдвиг с амплитудой более 300 км по Вилуйско-Алданской системе дислокаций широтного простираения [8]. Корреляция широтного сдвига на восток позволяет предположить, что отложения Омулевского террейна в среднепалеозойское время тоже находились восточнее современного расположения и накапливались в линейном рифтовом грабене.

Изученные среднепалеозойские отложения на различных участках Восточной Якутии позволяют довольно уверенно предположить, что их мощность в рифтовых грабенах составляла не менее 3000 м (рисунок 1а).

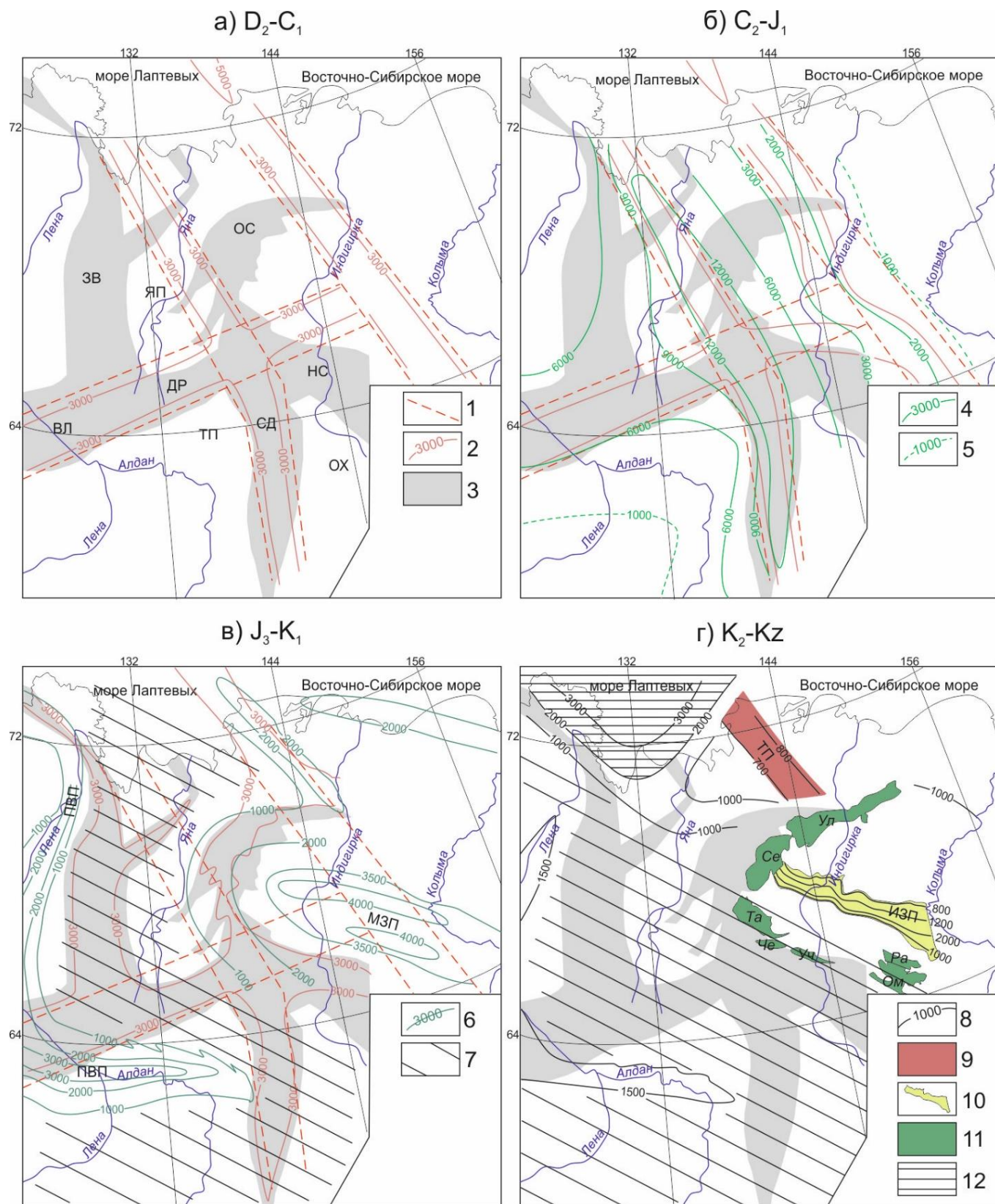


Рис. 1 – Схема толщин осадочных комплексов и перспективы нефтегазоносности Восточной Якутии:

1 – границы рифтовых зон позднего рифея возобновленные в среднепалеозойское время; 2 – толщины рифтовых среднепалеозойских отложений; 3 – зоны среднепалеозойских рифтовых грабенов по Третьякову Ф.Ф. [7]; 4 – толщины верхнепалеозойско-нижнемезозойских отложений; 5 – предполагаемые толщины верхнепалеозойско-нижнемезозойских отложений; 6 – толщины верхнеюрско-нижнемеловых отложений; 7 – области денудации; 8 – толщины верхнемелово-кайнозойских отложений; 9 – перспективные среднепалеозойские; 10 – перспективные верхнеюрско-меловые; 11 – батолиты (Ом – Омулевский, Ра – Рассохинский, Уч – Уччинский, Че – Чемалгинский, Та – Тас-Хаяхтахский, Се – Селенняхский, Ул – Улахан-Тасский); 12 – перспективные кайнозойские; грабены: ЗВ – Западно-Верхоянский, ДР – Дербекинский, ВЛ – Вилойский; восточная рифтовая система: СД – Сетте-Дабанский грабен, ступени: ОС – Ольджойская, НС – Нерская; поднятия: ЯП – Янское, ТП – Томпонское; ОХ – Охотский массив. ПВП – Предверхоянский прогиб, МЗП – Момско-Зырянский прогиб, ИЗП – Индигиро-Зырянский прогиб, ТП – Тастахский прогиб

Верхнепалеозойско-нижнемезозойский пассивноокраинный этап

В результате позднедевонско-раннекаменноугольного рифтогенеза образовался Оймяконский малый океан, составивший обширную пассивную континентальную окраину (ПКО) Сибирского континента. Схема мощностей верхнепалеозойско-нижнемезозойский отложений составляющих ПКО в пределах Восточной Якутии показана на рисунке 1б.

В конце средней юры по мере продвижения плиты палео-Тихого океана Алазейская островная дуга сталкивается с Омуревским хребтом формируя Колымо-Омолонский супертеррейн. Столкновение сопровождалось обдукцией офиолитов на Омуревский террейн. С поздней юры начинается *верхнемезозойский коллизионный этап* развития региона. В это же время начинается спрединг в Южно-Анжуйском океане, обуславливая закрытие Оймяконского океана. Коллизионный этап обусловил широтный сдвиг земной коры с суммарной амплитудой более 300 км в пределах современных границ низовьев рр. Алдан и Вилюй.

На коллизионном этапе происходило формирование Предверхоанского и Момо-Зырянского прогибов (рисунок 1в) - протяженных областей накопления континентальных угленосных отложений [9]. Момский и Индигиро-Зырянский прогибы и разделяющий их Илин-Тасский антиклинорий обособились в позднем миоцене за счет складчатости. Позднее преимущественно в Индигиро-Зырянском прогибе произошли процессы постколлизионных погружений [9].

Современный уровень верхнеюрско-нижнемеловых отложений в пределах Предверхоанского прогиба соответствует глубинам главной зоны нефтеобразования. Схема мощностей верхнеюрско-нижнемеловых отложений в пределах Восточной Якутии представлена на рисунке 1в.

Постколлизионный этап развития в Предверхоанском прогибе начинается с палеоцена. Постколлизионное погружение обусловило образование наложенной Нижнеалданской впадины с накоплением кайнозойских отложений с суммарной мощностью до 900 м. По представлениям А.Ф. Сафронова Нижнеалданская впадина образовалась как следствие изостатической реакции континентальной коры на нагрузку надвинутых на прогиб тектонических пластин [6]. Постколлизионное погружение в Индигиро-Зырянском прогибе фиксируется по увеличению толщин кыллахской свиты неогена. Сделано предположение, что увеличение толщин кыллахской свиты обусловлена аналогичными процессами, приведшими к формированию Нижнеалданской впадины.

Кайнозойский (современный) *рифтовый этап* развития региона связан раскрытием Евразийского океанического бассейна. Считается, что в течение кайнозоя полюс вращения Евразийской и Северо-Американской плит несколько раз менял свое положение, что обусловило сложное чередование эпох сжатия и растяжения [10]. В Индигиро-Зырянском прогибе кайнозойские отложения по геофизическим данным имеют существенную мощность (более 2000 м). В северо-западной части прогиба совместная обработка данных бурения и сейсморазведочных материалов позволила достоверно установить 1600 м отложений кайнозойского возраста (рисунок 1г).

Севернее, в Приморской низменности вдоль побережья Восточно-Сибирского моря, мощность кайнозойских отложений оценивается до 1000 м [10].

На основе опубликованных геологических данных и предлагаемой истории геологического развития построена схема мощностей верхнемеловых-кайнозойских отложений в пределах Восточной Якутии (рисунок 1г). В шельфовой части моря Лаптевых, в районе Усть-Ленского прогиба, мезо-кайнозойские отложения по данным надлёдных сейсмических работ имеют толщину до 4000-5000 м.

Заключение

Исходя из истории геологического развития Восточной Якутии сделан вывод, что среднепалеозойские отложения, приуроченные к восточному рифтовому грабену, находились восточнее депоцентов максимальных мощностей верхнепалеозойско-нижнемезозойской пассивной континентальной окраины. Данное обстоятельство позволяет предположить, что обогащенные органическим веществом среднепалеозойские отложения, приуроченные к восточному рифтовому грабену, не погружались на большие глубины, т.е. в зону апокатагенеза.

В результате проведенной реконструкции в качестве первоочередного объекта для постановки геологоразведочных работ в пределах Восточной Якутии предлагается Тастахский прогиб и его юго-восточное продолжение (рисунок 1 г). Близость предлагаемой территории к трассе северного морского пути является немаловажным благоприятным инфраструктурным фактором, который обуславливает инвестиционную привлекательность. Предлагается заложить параметрическую скважину с глубиной до 4000 м. Она позволит получить ценную информацию, которая позволит уточнить геологическое строение района и региона в целом.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Аржаков Н.А. Анализ геолого-геофизической изученности потенциально нефтегазоносных районов Северо-Восточной Якутии и прилегающего шельфа Восточно-Арктических морей / Н.А. Аржаков, А.П. Оболкин, В.С. Ситников // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2017. Т.12. №4.
2. Оболкин А.П. Обобщение результатов сейсморазведочных исследований Северо-Востока Якутии / А.П. Оболкин, В.С. Ситников, А.Р. Александров и др. // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2017. Т.12. №4.
3. Сивцев А.И. Селенняхский блок: геологическая позиция и вопросы нефтегазоносности Восточной Якутии / А.И. Сивцев, А.Р. Александров, Д.М. Петров // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России. Материалы X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Якутск: Издательский дом СВФУ, 2020. С.294-297.
4. Клубов Б.А. Природные битумы Севера / Б.А. Клубов. М.: Наука, 1983. 203 с.

5. Каныгин А.В. Пространственное положение Сибирской платформы и кратонных террейнов её складчатого обрамления в палеозое по палеонтологическим и геологическим данным / А.В. Каныгин, Т.В. Гонта, А.В. Тимохин // Геология и геофизика. 2020. №4. С. 447-467
6. Сафронов А.Ф. Историко-генетический анализ процессов нефтегазообразования (на примере востока Сибирской платформы) / А.Ф. Сафронов. Якутск: ЯНЦ СО РАН. 1992. 148 с.
7. Третьяков Ф.Ф. Среднепалеозойские рифтовые структуры в основании Верхоянского складчатого пояса / Ф.Ф. Третьяков // Отечественная геология. 2004. № 4. С. 57-60.
8. Ситников В.С. Вилуйско-Алданская система дислокаций / В.С. Ситников, В.Б. Спектор // Геофизические исследования в Якутии: Сборник научных трудов. - Якутск: Изд. ЯФ СО АН СССР, 1978. С.35-45.
9. Sivtsev A.I. Paragenesis of the Upper Jurassic-Lower Cretaceous Sediments in the Priverhoyansky and Indigiro-Zyryansky Basins / A.I. Sivtsev, I.N. Zueva, O.N. Chalaya // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 272 (2019) 022122. [Electronic resource]. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/272/2/022122/pdf> (accessed 10.10.2021)
10. Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республики Саха (Якутия). / Отв.ред. Л.М. Парфенов, М.И.Кузьмин. М.: МАИК «Наука/Интерпериодика». 2001. 571 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Arzhakov N.A. Analiz geologo-geofizicheskoy izuchennosti potencial'no neftegazonosnykh rajjonov Severo-Vostochnoy Yakutii i prilagajushhego shel'fa Vostochno-Arkticheskikh morej [Analysis of the geological and geophysical study of potentially oil and gas-bearing areas of Northeastern Yakutia and the adjacent shelf of the Eastern Arctic Seas] / N. A. Arzhakov, A. P. Obolkin, V. S. Sitnikov // Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika [Oil and gas geology. Theory and practice]. 2017. Vol. 12. No. 4. [in Russian]
2. Obolkin A.P. Obobshchenie rezul'tatov sejsmorazvedochnykh issledovaniy Severo-Vostoka Yakutii [Generalization of the results of seismic surveys of the North-East of Yakutia] / A. P. Obolkin, V. S. Sitnikov, A. R. Aleksandrov // Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika [Oil and gas geology. Theory and practice]. 2017. Vol. 12. No. 4 [in Russian]
3. Sivtsev A.I. Selennjakhskijj blok: geologicheskaja pozicija i voprosy neftegazonosnosti Vostochnoj Yakutii [Selennjakhsky block: geological position and issues of oil and gas potential of Eastern Yakutia] / A. I. Sivtsev, A. R. Aleksandrov, D. M. Petrov // V knige: Geologija i mineral'no-syr'evye resursy Severo-Vostoka Rossii. Materialy X Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem [Geology and mineral resources of the North-East of Russia. Materials of the X All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation]. - Yakutsk: NEFU Publishing House, 2020. Pp.294-297 [in Russian]
4. Klubov B.A. Prirodnye bitumy Severa [Natural bitumen of the North] / B. A. Klubov. Moscow: Nauka, 1983. 203 p. [in Russian]
5. Kanygin A.V. Prostranstvennoe polozhenie Sibirskoj platformy i kratonnykh terrejnov ejo skladchatogo obramlenija v paleozoe po paleontologicheskim i geologicheskim dannym [Spatial position of the Siberian platform and cratonic terranes of its folded frame in the Paleozoic according to paleontological and geological data] / A. V. Kanygin, T. V. Gonta, A. V. Timokhin // Geologija i geofizika [Geology and Geophysics]. 2020. №4, pp. 447-467 [in Russian]
6. Safronov A.F. Istoriko-geneticheskijj analiz processov neftegaooobrazovaniya (na primere vostoka Sibirskoj platformy) [Historical and genetic analysis of the processes of oil and gas formation (in the East of the Siberian platform)] / A. F. Safronov. Yakutsk: YANTS SB RAS. 1992. 148 p. [in Russian]
7. Tretyakov F.F. Srednepaleozojskie riftovye struktury v osnovanii Verkhoyanskogo skladchatogo pojasa [Middle Paleozoic rift structures at the base of the Verkhoyansk folded belt] / F. F. Tretyakov // Otechestvennaja geologija [Russian Geology]. 2004. № 4, pp. 57-60 [in Russian]
8. Sitnikov V.S. Viljujsko-Aldanskaja sistema dislokacij [Vilyuysko-Aldan dislocation system] / V. S. Sitnikov, V. B. Spektor // Geofizicheskie issledovaniya v Jakutii: Sbornik nauchnykh trudov [Geophysical research in Yakutia: Collection of scientific papers]. - Yakutsk: Publishing House of the Faculty of Sciences of the USSR, 1978, pp.35-45 [in Russian]
9. Sivtsev A.I. Paragenesis of the Upper Jurassic-Lower Cretaceous Sediments in the Priverhoyansky and Indigiro-Zyryansky Basins / A.I. Sivtsev, I.N. Zueva, O.N. Chalaya // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 272 (2019) 022122. [Electronic resource]. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/272/2/022122/pdf> (accessed 10.10.2021)
10. Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республики Саха (Якутия) [Tectonics, geodynamics and metallogeny of the territory of the Republic of Sakha (Yakutia)] / edited by L.M. Parfenov, M.I.Kuzmin. M.: MAIK "Nauka/Interperiodika". 2001. 571 p. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2021.113.11.042>

ОПЫТ ВСКРЫТИЯ И ОСВОЕНИЯ ПРОДУКТИВНЫХ ПЛАСТОВ ЛЕНО-ВИЛЮЙСКОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ

Научная статья

Сивцев А.И.^{1,*}, Эверстов Э.А.², Рудых И.В.³

¹ ORCID: 0000-0001-8386-2383;

² ORCID: 0000-0001-7300-174X;

³ ORCID: 0000-0001-7841-5714;

^{1, 2, 3} Северо-восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова. Якутск, Россия

* Корреспондирующий автор (Edever.07[at]mail.ru)

Аннотация

В статье рассматриваются проблемы вскрытия и освоения скважин, пробуренных в Лено-Виллюйской нефтегазоносной провинции. Сделано предположение, что причинами отдельных неудач в ходе геологоразведочных работ могли стать некачественное вскрытие продуктивных горизонтов.

Показано негативное воздействие применения глинистых растворов с утяжелителями, которое приводило к образованию глубоких зон проникновения водной фазы в призабойную зону пласта. Приведены результаты интенсификационных мероприятий, осуществленных в отдельных площадях. Для вскрытия верхней части разреза с аномально низкими пластовыми давлениями предложено использовать облегченные растворы на безводной основе, или глинисто-меловые растворы с полимерами. Рекомендовано проводить перфорацию при сниженных уровнях, или на специальных буферных растворах с минимальной кольматацией призабойной зоны в условиях присутствия разбухающих глин.

Сделано предположение, что в низко проницаемых продуктивных горизонтах перми, находящихся под аномально высоким пластовым давлением происходит смыкание трещин при резком снижении давления в результате опробования. Для проверки предположения порекомендован гидроразрыв пласта с применением проппантов.

Ключевые слова: Виллюйская синеклиза; Предверхоанский прогиб; перспективы нефтегазоносности; бурение; терригенные отложения; аномально-низкие пластовые давления; аномально высокие пластовые давления; разбухающие глины; призабойная зона пласта.

EXPERIENCE IN THE PENETRATION AND DEVELOPMENT OF THE PAY FORMATION OF THE LENO-VILYUISK OIL AND GAS PROVINCE

Research article

Sivtsev A.I.^{1,*}, Everstov E.A.², Rudykh I.V.³

¹ ORCID: 0000-0001-8386-2383;

² ORCID: 0000-0001-7300-174X;

³ ORCID: 0000-0001-7841-5714;

^{1, 2, 3} Ammosov North-Eastern Federal University. Yakutsk, Russia

* Corresponding author (Edever.07[at]mail.ru)

Abstract

The article deals with the problems of the penetration and development of wells drilled in the Leno-Vilyuisk oil and gas province. It is assumed that the reasons for individual failures in the course of geological exploration could be the poor-quality tapping of productive horizons.

The study demonstrates the negative impact of the use of clay solutions with weighting agents, which led to the formation of deep zones of penetration of the aqueous phase into the bottom-hole zone of the formation. The results of the intensification measures carried out in individual areas are also presented. To open the upper part of the section with abnormally low reservoir pressures, it is proposed to use lightweight solutions on an anhydrous basis, or clay-chalk solutions with polymers. It is recommended to carry out perforation at reduced levels, or on special buffer solutions with minimal colmatation of the bottom-hole zone in the presence of swelling clay.

It is assumed that in the low permeable Permian pay horizons, which are under abnormally high reservoir pressure, cracks are closing with a sharp decrease in pressure as a result of testing. The authors recommend Hydraulic fracturing with the use of proppants to test the assumption.

Keywords: Vilyuiskaya syncline; Preverkhoyansky deflection; prospects of oil and gas potential; drilling; terrigenous deposits; abnormally low reservoir pressures; abnormally high reservoir pressures; swelling clays; bottom-hole formation zone.

Введение

В последние годы добыча нефти в РФ устойчиво растет, и главным источником роста является добыча нефти на востоке страны. Выход на плановые показатели нефтепровода «Восточная Сибирь-Тихий океан» и запуск магистрального газопровода «Сила Сибири» обуславливают повышенный интерес со стороны недропользователей к перспективам нефтегазоносности юго-восточных и восточных территорий Сибирской платформы.

Крупный потенциал открытия новых месторождений нефти и газа сохраняется Лено-Виллюйской нефтегазоносной провинции (ЛВНП) Сибирской платформы. В пределах ЛВНП, включающей в себя Предверхоанский прогиб (ПП) и Виллюйскую синеклизу (ВС), открыто 10 газовых и газоконденсатных месторождений с незначительными нефтяными оторочками [4].

Кроме того, во многих изученных площадях Вилюйской синеклизы (ВС) и Предверхоянского прогиба (ПП) в ходе поисковых работ были получены непромышленные, полупромышленные притоки нефти и газа из верхнепалеозойско-мезозойского разреза. Современные научные представления о перспективах нефтегазоносности Лено-Вилюйской нефтегазоносной провинции отражены в работах [7], [8].

Целью данной статьи является аналитическое рассмотрение опыта освоения скважин и результатов интенсификации притоков для разработки рекомендаций по повышению эффективности геологоразведочных работ.

В работе рассмотрены характеристики пластов коллекторов и флюидоупоров и методы интенсификации притоков: разрывы пласта энергией пороховых газов, гидropескоструйная перфорация, глинокислотная обработка и вибрация.

Характеристики пластов-коллекторов и флюидоупоров

За небольшим исключением, связанным с Нижнетюкяньским газовым месторождением, геологическая позиция которого до сих пор не вполне ясна, все выявленные залежи и месторождения в Вилюйской НГО приурочены к антиклинальным ловушкам, осложняющим широкие сводовые части крупных валообразных поднятий (Хапчагайский мегавал, Логлорский вал) [7].

Глубоким бурением в ЛВНП вскрыты меловые, юрские, триасовые, пермские и верхне-каменноугольные отложения (до 6519 м). На настоящем уровне изученности установлена промышленная газонасность позднелпалеозойско-мезозойского комплекса. Разрез представляет собой толщу неравномерного переслаивания исключительно терригенных пород – песчаников, алевролитов, аргиллитов и углей.

Верхнепермский продуктивный комплекс, представленный толщей сложного чередования песчаников, алевролитов, аргиллитов, углистых аргиллитов и пластов каменных углей, экранируется глинистой толщей неджелинской свиты нижнего триаса. Внутри комплекса и в покрывке выявлен ряд продуктивных горизонтов. Они сложены линзовидными телами, представленными средне-мелкозернистыми песчаниками с преобладанием кварца в составе обломочной части и содержащие не более 10% глинистого цемента преимущественно каолинистового состава [7].

Нижнетриасовый продуктивный комплекс, мощностью до 600 м представлен толщей преимущественно песчаного состава таганджинской свиты. Экраном этого комплекса является глинистая толща мономской свиты, которая также содержит несколько продуктивных горизонтов. Все продуктивные горизонты представлены песчаниками, содержащими редкие прослои алевролитов [7].

Нижнеюрский продуктивный комплекс, мощностью до 400 м сложен преимущественно песчаниками прослоями алевролитов и глин. Этот комплекс перекрывается наиболее выдержанной по площади глинистой толщей сунтарской свиты. Внутри этого комплекса выделяется до девяти продуктивных горизонтов и пластов.

Песчано-алевритовые отложения *средней и верхней* юры перекрываются регионально выдержанной глинисто-песчаной толщей марыкчанской свиты (верхняя юра). Из этих отложений получены промышленные притоки газа на ряде разведочных площадей.

Нижнемеловые отложения представлены исключительно континентальными угленосными отложениями. Достаточно мощные и выдержанные по площади экранирующие толщи в этой части разреза отсутствуют. Небольшая газовая залежь в отложениях этого возраста установлена на Бадаранском месторождении [7].

Одной из отличительных особенностей ЛВНП является наличие многолетнемерзлых пород с толщиной до 1450 м (Мархинская опорная скважина), среднее значение толщины варьирует 450-550 м. Также в разрезе встречаются аномально низкие (мел, юра) (АНПД) и высокие пластовые давления (нижний триас, пермь) (АВПД). Наличие в составе вулканогенного материала в отложениях нижнего триаса ВС обуславливает высокую эффективность флюидоупоров и риски значительного ухудшения коллекторов при проникновении бурового раствора [10].

Таким образом, при выборе режимов и технологии бурения глубоких скважин ВС и ПП учитывались следующие особенности:

- наличие в верхней части разреза многолетнемерзлых пород;
- обвалообразование в многолетнемерзлых породах, в углях и пачках глинистых пород;
- АНПД в юрских (молочее отложений сунтарской свиты) и меловых отложениях, что обуславливает низкий градиент гидроразрыва [3];
- наличие в разрезе разбухающих глинистых разностей [10]
- АВПД в нижнетриасовых и верхнепермских отложениях ВС, а также нижнеюрских и верхнеюрско-нижнемеловых отложениях ПП [5].

Анализ режимов и технологии бурения

Бурение скважин чаще всего осуществлялось с использованием глинистых растворов, обработанных углищелочным реагентом и утяжеленным баритом.

Наиболее частыми осложнениями в процессе бурения являлись: интенсивные поглощения бурового раствора до полной потери циркуляции, разгазирование бурового раствора до открытого фонтанирования, прихваты бурового оборудования. Отмечались осложнения и при цементировании скважин – масштабные поглощения с потерей циркуляции и не подъема цемента до проектной отметки. Было отмечено преимущественно два уровня поглощения цемента – на глубинах 450-500 м и 1400-1500 м, где предполагаются улучшенные фильтрационно-емкостные свойства (ФЕС) с образованием гидроразрыва пласта.

Промысловая ситуация подтверждает масштабное проникновение компонентов глинистого раствора в призабойную зону пласта (ПЗП), вплоть до полной закупорки поровых каналов. Так, при проходке интервала 2857,2 – 2870,9 м в скв. 3 на Средневилюйской площади было поглощено свыше 50 м³ глинистого раствора удельного веса 1,32-1,34 г/см³, а при опробовании этого интервала получен приток газа только 2 тыс. м³/с. По данным ГИС, глубина проникновения фильтрата в пласт составляет от 1,5 до 3 метров и более. Экспериментальными лабораторными исследованиями было установлено, что при проникновении водной фазы в песчаники (с исходной эффективной

проницаемостью 0,0115 мкм²) на расстояние 0,5 -1,0 м – 1,5-3,0 метра происходит снижение продуктивности пласта соответственно на 65, 80, 85 и 92% от потенциально возможной.

Особенности распределения пластового давления по разрезу обуславливают применение утяжеленных буровых растворов удельного веса 1,35-1,4 г/см³. Это могло обусловить коьматацию порового пространства в призабойной зоне пласта, что приводило к резкому снижению проницаемости пермских отложений.

На всех месторождениях Вилуйской нефтегазоносной области проводился большой объем работ по интенсификации притоков газа различными методами:

- разрыв пласта энергией пороховых газов зарядами ТШТ, ПГД-БК,
- гидropескоструйная перфорация (ГПП),
- глино-кислотная обработка (ГКО),
- вибровоздействие на пласт.

Воздействию подвергались в основном верхнепермские отложения, представленные мелкозернистыми песчаниками с низкими ФЕС – проницаемостью 0,001- 0,005 мкм² и пористостью 8-10%. В таких отложениях методы ТШТ, ПГД-БК, ГПП положительных результатов не дали.

Вибровоздействие проводилось на Толонской (скв. №17) и Среднетюнговской (скв. №230, 232, 240 и 243). В скв. № 17 в результате вибровоздействия дебит газа возрос с 83 до 132 тыс.м³/сут., в скв. № 240 – с 50 до 82 тыс. м³/сут. На остальных объектах положительного эффекта не получено.

Глинокислотная обработка пласта в ограниченном объеме опробована на Среднетюнговской площади. В результате проведенных работ был выбран следующий состав глинокислотного раствора (ГКР): 14% соляной кислоты, 6% бифтор-фторид аммония (БФА). Опыты проводились при температуре + 60С и давлении 30 МПа.

ГКО показала, что при выдержке в течение 6-9 часов проницаемость увеличивалась на 15-28%. Часть образцов подвергалась повторной глинокислотной обработке, в результате наблюдалось увеличение проницаемости на 50 – 140%. По всей видимости, при разовой обработке закаченного в пласт раствора ГКР хватает на только определенный объем глинистых минералов в ПЗП. Из изложенного следует, что ГКО максимально будет эффективна в песчаниках с высоким содержанием глинистого цемента.

В целом на Толонском, Матахском и Соболах-Неджелином месторождениях было выполнено 32 операции по интенсификации притоков. Наиболее значительное увеличение дебита было зафиксировано в скв. 16 (Неджелинская пл., ин-л 3093–3098 м) с 3,5 до 153,7 тыс.м³/сут. Наибольшая эффективность достигалась гидropескоструйной перфорацией.

Краткий обзор по технологиям вскрытия продуктивных горизонтов показывает:

- проникновение водной фазы в ПЗП сопровождалось разбуханием глинистых минералов, что приводило к снижению проницаемости пород;
- более масштабное снижение проницаемости пород в ПЗП происходит за счет формирования глубокой зоны проникновения фильтрата бурового раствора;
- применение методов интенсификации притоков показало в целом низкую эффективность.

Выводы и рекомендации

Аналитический обзор показывает, что при освоении скважин ЛВНП наиболее остро стоит проблема ухудшения ПЗП за счет проникновения твердой фазы глинистого бурового раствора. Дополнительно это явление усиливается присутствием разбухающих глин в пермо-триасовых коллекторах [10].

На разведочных площадях ЛВНП для качественного вскрытия перспективных пластов следует использовать буровые растворы на безводной основе, также глинисто-меловые растворы, обработанные полимерными системами. При этом перфорацию колонны и освоение скважины следует проводить при сниженном уровне или на специальных буферных растворах, обеспечивающих минимальную коьматацию ПЗП. Отмечается, что вулканогенные коллектора требуют особых щадящих режимов вскрытия и освоения [10].

В ходе интенсификационных мероприятий хорошие результаты показала гидropескоструйная перфорация. На наш взгляд, в низко проницаемых пермских коллекторах можно применить гидроразрыв пласта (ГРП) с применением пропантов с размерами гранул 0,425...0,85 мм (больше размеров пор). Для усиления мультипликативного эффекта ГРП можно проводить с использованием глинокислотных растворов.

Несомненно, возврат геологоразведочных работ на нефть и газ на ЛВНП на новом техническом уровне оснащенности с учетом имеющегося промыслового опыта приведет к новым открытиям. На наш, взгляд наиболее перспективными районами являются зоны сочленения ВС с северо-восточным склоном Сунтарского поднятия [6], [9] и северным склоном Якутского поднятия [1], [2].

Финансирование

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 21-510-22001).

Funding

The work was carried out with the financial support of the RFBR (grant No. 21-510-22001).

Благодарности

Авторы выражают искреннюю признательность доценту кафедры Недропользования Геологоразведочного факультета Эвальду Раймондовичу Туги за предоставленные материалы.

Acknowledgement

The authors express their sincere gratitude to Evald Raimondovich Tugi, Associate Professor of the Department of Subsoil Use of the Geological Exploration Faculty, for the materials provided.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Калинин А.И. Прямые газогеохимические поиски ароматических углеводородов в свете перспектив нефтегазоносности северного склона Якутского поднятия / А.И. Калинин, А.И. Сивцев // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2017. Т.12. - №2. [Электронный ресурс]. URL: http://www.ngtp.ru/rub/1/23_2017.pdf. (дата обращения: 12.10.2021)
2. Калинин А.И. Перспективы нефтегазоносности северо-восточной части Алданской антеклизы / А.И. Калинин, А.И. Сивцев // Нефтяное хозяйство. – 2019. №06, с.22-27.
3. Погодаев А.В. Литологические и гидродинамические особенности газоносности верхнепермских и нижнетриасовых отложений Хапчгайского района Вилуйской нефтегазоносной области / А.В. Погодаев, В.С. Ситников, Б.А.Лысов // Геология нефти и газа, 2012, № 4. – С.2-12.
4. Сафронов А.Ф. Нефтеносность нижнемезозойских отложений Хапчгайского мегавала Вилуйской синеклизы / А.Ф. Сафронов, А.И. Сивцев, В.Б. Черненко // Геология и геофизика. – 2014. Т.55. №8. - С. 1263-1269.
5. Сивцев А.И. Верхнеюрско-нижнемеловой нефтегазоносный комплекс востока Сибирской платформы / А.И. Сивцев, О.Н. Чалая, И.Н. Зуева // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири, 2018, №1. – С.81-87.
6. Сивцев А.И. Перспективы нефтегазоносности северо-восточного склона Сунтарского поднятия / А.И. Сивцев // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России. Материалы IX Всероссийской научно-практической конференции: в 2-х томах. Якутск, 2019. С. 260-263.
7. Ситников В.С. Новейший прогноз и актуализация освоения нефтегазовых объектов Вилуйской синеклизы / В.С. Ситников, Н.Н. Алексеев, К.А. Павлова и др. // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2017. - Т.12. - №1. - [Электронный ресурс]. URL: http://www.ngtp.ru/rub/6/9_2017.pdf. (дата обращения: 12.10.2021)
8. Фролов С.В. Особенности строения, осадочные комплексы и углеводородные системы Лено-Вилуйского нефтегазоносного бассейна / С.В. Фролов, Е.Е. Карньюшина, Н.И. Коробова и др. // Георесурсы, 2019, 21(2), с. 13-30.
9. Черданцев Г.А., Уточнение перспектив нефтегазоносности среднепалеозойских отложений южной части Вилуйской синеклизы / Г.А.Черданцев, С.В. Головин // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2018. Т. 13. № 3. [Электронный ресурс]. URL: http://www.ngtp.ru/rub/4/33_2018.pdf. (дата обращения: 12.10.2021)
10. Юрова М.П. Особенности освоения и разработки вулканогенных газовых залежей Вилуйской синеклизы / М.П. Юрова, Н.Н. Томилова // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2014. № 12. С. 53-56.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Kalinin A. I. Prjamyje gazogeoхимические поиски ароматических углеводородов v svete perspektiv neftegazonosnosti severnogo sklona Jakutskogo podnjatija [Direct gas geochemical searches aromatic hydrocarbons in the light of the hydrocarbon potential of the Northern slope Yakut raising] / A. I. Kalinin, A. I. Sivtsev // Neftegazovaja geologija. Teorija i praktika [Neftegazovaya Geologiya. Theory and practice]. - 2017. - Vol.12. - No.2. - [Electronic resource]. URL: http://www.ngtp.ru/rub/1/23_2017.pdf (accessed: 12.10.2021) [in Russian]
2. Kalinin A. I. Perspektivy neftegazonosnosti severo-vostochnoj chasti Aldanskoj anteklizy [oil and gas potential of the North-Eastern part of the Aldan Antecline] / A. I. Kalinin, A. I. Sivtsev // Neftjanoe hozjajstvo [Oil industry]. – 2019. No. 06, pp. 22-27. [in Russian]
3. Pogodaev V. A. Litologicheskie i gidrodinamicheskie osobennosti gazonosnosti verhnepersmskih i nizhnetriasovyh otlozhenij Hapchagajskogo rajona Viljujskoj neftegazonosnoj oblasti [Lithological and hydrodynamic characteristics of the gas content of the upper Permian and lower Triassic deposits Kapshagayskogo district Vilyui petroleum region] / V. A. Pogodaev, V. S. Sitnikov, B. A. Lysov // Geologija нефти i gaza [Geology of oil and gas], 2012, No. 4. – P. 2-12. [in Russian]
4. Safronov A.F. Neftenosnost' nizhnemezozojskih otlozhenij Hapchagajskogo megavala Viljujskoj sineklizy [Oil content of the Lower Mesozoic deposits of the Khapchagai megawal of the Vilyuisk syneclise] / A.F. Safronov, A.I. Sivtsev, V.B. Chernenko // Geologija i geofizika [Geology and Geophysics]. - 2014. Vol.55. No.8. - pp. 1263-1269. [in Russian]
5. Sivtsev A.I. Verhnejursko-nizhnemelovoj neftegazonosnyj kompleks vostoka Sibirskoj platformy [Upper Jurassic-Lower Cretaceous oil and gas complex of the East of the Siberian platform] / A.I. Sivtsev, O.N. Chalaya, I.N. Zueva // Geologija i mineral'no-syr'evye resursy Sibiri [Geology and Mineral Resources of Siberia], 2018, No. 1. - pp.81-87. [in Russian]
6. Sivtsev A.I. Perspektivy neftegazonosnosti severo-vostochnogo sklona Suntarskogo podnjatija [Prospects of oil and gas potential of the north-eastern slope of the Suntar uplift] / A.I. Sivtsev // Geologija i mineral'no-syr'evye resursy Severo-Vostoka Rossii. Materialy IX Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii [In the collection: Geology and mineral resources of the North-East of Russia. Materials of the IX All-Russian Scientific and Practical Conference]: in 2 volumes. Yakutsk, 2019. pp. 260-263. [in Russian]
7. Sitnikov V.S. Novejsnij prognoz i aktualizacija osvoenija neftegazovyh ob'ektov Viljujskoj sineklizy [The latest forecast and actualization of the development of oil and gas facilities of the Vilyuisk syneclise] / V.S. Sitnikov, N.N. Alekseev, K.A. Pavlova et al. // Neftegazovaja geologija. Teorija i praktika [Oil and gas geology. Theory and practice]. - 2017. - Vol.12. - No. 1. - [Electronic resource]. URL: http://www.ngtp.ru/rub/6/9_2017.pdf (accessed: 12.10.2021) [in Russian]
8. Frolov S.V. Osobennosti stroenija, osadochnye komplekсы i uglevodorodnye sistemy Leno-Viljujskogo neftegazonosnogo bassejna [Structural features, sedimentary complexes and hydrocarbon systems of the Leno-Vilyuisk oil and gas basin] / S.V. Frolov, E.E. Karnyushina, N.I. Korobova et al. // Georesursy [Georesources], 2019, 21(2), pp. 13-30. [in Russian]
9. Cherdantsev G.A. Utochnenie perspektiv neftegazonosnosti srednepaleozojskih otlozhenij juzhnoj chasti Viljujskoj sineklizy [Clarification of the prospects of oil and gas potential of the Middle Paleozoic deposits of the southern part of the Vilyuisk syneclise] / G.A.Cherdantsev, S.V. Golovin // Neftegazovaja geologija. Teorija i praktika [Oil and gas geology. Theory and practice]. 2018. Vol. 13. No. 3. [Electronic resource]. URL: http://www.ngtp.ru/rub/4/33_2018.pdf. (accessed: 12.10.2021) [in Russian]
10. Yurova M.P. Osobennosti osvoenija i razrabotki vulkanogennyh gazovyh zalezhej Viljujskoj sineklizy [Features of the development and development of volcanogenic gas deposits of the Vilyuisk syneclise] / M.P. Yurova, N.N. Tomilova // Geologija, geofizika i razrabotka neftyanj i gazovyh mestorozhdenij [Geology, geophysics and development of oil and gas fields]. 2014. No. 12. pp. 53-56. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2021.113.11.043>

ТРАНСЛОКАЦИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ (Pb, Zn, Cu) В СИСТЕМЕ СЕРОЗЕМ-ЛЮЦЕРНА И ИХ ВЛИЯНИЕ НА АКТИВНОСТЬ ФЕРМЕНТА КАТАЛАЗЫ

Научная статья

Юлдашбек Д.Х.^{1,*}, Алайдаров М.А.², Колушпаева А.Т.³

¹ ORCID: 0000-0001-9342-7502;

^{1,2} Международный казахско-турецкий университет имени Ходжи Ахмеда Ясави, Туркестан, Казахстан;

³ Алматы Менеджмент Университет, Алматы, Казахстан

* Корреспондирующий автор (davlat-1995.95[at]mail.ru)

Аннотация

Активность почвенных ферментов зависит от биомассы микроорганизмов, а их жизнедеятельность от экологического состояния почвенной системы. В данной работе рассмотрена связь между ферментативной активностью каталазы и уровнем загрязнения тяжелыми металлами сероземной почвы Туркестанской области. Результаты экспериментальных исследований показали, что ферментативная активность изменяется с ростом содержания тяжелых металлов (Pb, Zn, Cu).

Внесение вермикомпоста (биогумуса) в почву привело к повышению каталазной активности изучаемой почвенно-растительной системы. Наблюдаемое объясняется стимулированием физиологической активности и образованием большей массы микроорганизмов в результате улучшения агрохимических свойств серозема. Результаты экспериментальных исследований также свидетельствуют о значительном влиянии вермикомпоста на транслокационную способность тяжелого металла (Pb, Zn, Cu). Значительная часть тяжелых металлов, образуя комплексные соединения с гуминовыми кислотами, содержащимися в вермикомпосте, превращаются в малоподвижную форму. Благодаря этому резко снижается скорость процесса миграции ТМ как в почвенной системе, так и системе почва-растение. Снижение транслокации ТМ из почвы в растения создает возможность получения экологически чистых сельскохозяйственных продуктов.

Ключевые слова: свинец, медь, цинк, тяжелые металлы, активность каталазы, серозем, вермикомпост, люцерна.

TRANSLOCATION OF HEAVY METALS (Pb, Zn, Cu) IN THE SEROZEM-ALFALFA SYSTEM AND THEIR EFFECT ON THE ACTIVITY OF THE CATALASE ENZYME

Research article

Yuldashbek D.H.^{1,*}, Alaydarov M.A.², Kolushpaeva A.T.³

¹ ORCID: 0000-0001-9342-7502;

^{1,2} International Kazakh-Turkish University named after Khoja Ahmed Yasawi, Turkestan, Kazakhstan;

³ Almaty Management University, Almaty, Kazakhstan

* Corresponding author (davlat-1995.95[at]mail.ru)

Abstract

The activity of soil enzymes depends on the biomass of microorganisms, and their vital activity depends on the ecological state of the soil system. In this paper, the relationship between the enzymatic activity of catalase and the level of heavy metal contamination of the gray-earth soil of the Turkestan region is considered. The results of experimental studies have shown that the enzymatic activity changes with an increase in the content of heavy metals (Pb, Zn, Cu).

The introduction of vermicompost (vermicompost) into the soil led to an increase in the catalase activity of the studied soil-plant system. The observed phenomenon is explained by the stimulation of physiological activity and the formation of a larger mass of microorganisms as a result of improving the agrochemical properties of serozem. The results of experimental studies also indicate a significant effect of vermicompost on the translocation ability of heavy metal (Pb, Zn, Cu). A significant part of heavy metals, forming complex compounds with humic acids contained in the vermicompost, turn into a sedentary form. Due to this, the rate of HM migration process in both the soil system and the soil-plant system is sharply reduced. Reducing the translocation of HM from soil to plants creates the possibility of obtaining environmentally friendly agricultural products.

Keywords: lead, copper, zinc, heavy metals, catalase activity, serozem, vermicompost, alfalfa.

Introduction

Heavy metals are one of the sources of toxic substances that pollute the biosphere layer of the Earth. Heavy metals, both individually and in combination with other toxic substances, for example, with petroleum products, dioxins, pesticides, pose an extreme danger to the viability of biota, including the human body. In this regard, every year, as a result of the increase in the anthropogenic load on the environment, both the number of diseases and the number of new previously unknown diseases are growing exponentially. For example, we can note the frequent manifestation of a genetic mutation, an increase in the number of cancer patients, people prone to cardiovascular diseases, allergic reactions. This is explained by a decrease in immunity, especially in the younger generation.

The main reason for the appearance of such high concentrations of toxic substances in environmental objects is the lack of ecological culture among the population, an undeveloped network of industrial and household waste management, and other factors.

The main object depositing heavy metals (HM) and other ecotoxicants is the soil system. In the soil, their accumulation is carried out from adjacent environments, namely from atmospheric air, from water bodies, plants. Many pollutants in the soil persist for a long time in their original or transformed form. Natural self-cleaning of the soil system is a very long and slow

process for many harmful substances. For example, this applies to HM compounds, namely, for zinc, decontamination takes from 71 to 510 years, for Pb-740-5900 years, for Cu – 300-1500 years [1].

The greatest danger among heavy metals is Pb, Zn, Cd, Hg, Cu. Getting into the human and animal bodies in significant quantities, they cause deep denaturation of proteins. In this case, HM interact with the functional groups-SH, -COOH of amino acids, which leads to the suppression of active centers, that is, the activity of enzymes decreases. The manifestation of the effects of harmful substances is possible in subsequent generations. These include gonadotropic, embryotoxic, carcinogenic, mutagenic effects [2].

Uncontrolled intake of HM into the human body can lead to irreversible changes in internal organs, leading to incurable diseases of the gastrointestinal tract, liver, kidneys, paralysis and deaths. In this regard, it is necessary to minimize the level of intake and content of heavy metals in the soil, in plant products and in the water system. In the conditions of global environmental pollution with a wide range of ecotoxins, along with others, the problem of deterioration of the biological properties of soils is acute. With any changes in these soil properties, biological resources, namely the microbiota and the vegetation growing on them, are the first to react to them.

As the results of numerous studies have shown [3], [4], [5], one of the most reliable information for assessing the ecological state of soils is the change in the composition of the microbial community and the associated enzyme activity. For example, the works [6] show the influence of technogenic contamination of soils with heavy metals on the qualitative and quantitative composition of the microbiota. It is concluded that of all the indicators of biological activity, enzymatic activity is the most stable indicator. This allowed many researchers to recommend enzymatic activity to assess the ecological state of the soil system [7]. Thanks to enzymes, various types of biochemical reactions are carried out in the soil system, for example, there is a transformation of both substances entering the soil from the outside and existing in it, and a change in energy indicators.

Enzymes are complex protein molecules that have a high catalytic activity that accelerates vital chemical reactions in the cells of organisms. They are products of the vital activity of microorganisms, plant root systems and mesofauna. As catalysts, each of the enzymes forms unstable intermediates with its participants during the course of a certain process. These intermediates, after the formation of the final product, disintegrate and the enzyme again takes its original state.

More than 900 types of enzymes are known, and each of them accelerates only one reaction or a group of similar reactions [8]. Enzymes differ from each other in their functional activity on soil processes. According to their functional activity, they are divided into 6 classes (hydrolases, oxidoreductases, lyases, transferases, isomerases, ligases or synthetases). Among them, hydrolases (urease, protease, invertase, phosphatase) and oxidoreductases (catalase, peroxidase, dehydrogenase, polyphenol oxidase) are the most important for understanding the essence of soil processes.

Catalase is an enzyme of an antioxidant complex that protects the body from the destructive action of free radicals. Catalase is a heme-containing enzyme of the class of oxyreductases that catalyzes the decomposition of hydrogen peroxide to form oxygen and water $2H_2O_2 = O_2 + 2 H_2O$, it is widely distributed in animal and plant tissues. One catalase molecule decomposes up to 6 million hydrogen peroxide molecules per second. In the case of a decrease in the concentration of hydrogen peroxide, catalase begins to show catalytic activity in the other direction, i.e. it accelerates the oxidation reaction of alcohols, formaldehydes and nitrates with hydrogen peroxide. Enzymes are involved in the synthesis and decomposition of humus and fresh organic matter (including the bodies of microorganisms themselves), in redox reactions.

The activity of enzymes largely determines the level of soil fertility. The results of experimental experiments of numerous studies indicate that the conditions favorable for the manifestation of the activity of soil enzymes largely coincide with the optimal conditions for the growth of agricultural crops [9], [10].

Of all the enzymes, catalase has the most stability and, having accumulated in the soil, it persists for a long time. In this regard, the activity of the catalase enzyme can be an indicator of both the functional activity of the soil microflora and the ability to influence stress factors. Currently, the information available in the literature on the enzymatic activity of soils under various anthropogenic influences is still insufficient and requires further study. This makes it very relevant in practical and theoretical terms to study the enzymatic activity of soils under conditions of intense anthropogenic impact and the possibility of using it to diagnose the ecological state of soils.

The chemical, mineralogical composition and physical condition of soils are the main determinants of enzymatic activity. The activity of soil enzymes is correlated with the values of the reaction of the medium (pH), with the presence of moisture and other ecotoxins in the gaseous, solid and liquid states. For example, many heavy metals inhibit the activity of enzymes, form complex organic compounds that can penetrate through cell membranes [11].

Of particular scientific interest is the study of the activity of various enzymes during the artificial introduction of fertilizers, meliorants of organic and inorganic nature into the soil. The results of our experimental studies devoted to the study of the effects of vermicompost on the enzymatic activity and agrochemical properties of gray-earth soils are presented below.

The aim of the work is to study the effect of heavy metals (Pb, Zn, Cu) on the growth and development of alfalfa and the activity of the catalase enzyme when applying vermicompost to gray-earth soil.

Objects and methods of research

For the study of the dependence of the translocation of heavy metals on the type of plant and on the presence of vermicompost in the soil – plant system, we selected the alfalfa plant (*Medicago*) as the object of study. This plant is a cosmopolitan plant species, growing in all climatic zones and on all types of soils. It is widely used as a forage crop. This type of plant has a developed root system, thus, along with enriching the soil with nitrogen, it improves its structure.

Experimental studies were carried out with gray-earth soils taken from clean, unpolluted HM sites. For laboratory (model) experiments, gray – earth soil uncontaminated with HM with a content of humus substances of 1.0-1.4 % (0-30 cm) was used. Vermicompost was introduced into the soil to stimulate the growth and development of alfalfa. Model experiments were carried out using wooden boxes without a bottom with a height of 50 cm and an area of 30x50 cm. Heavy metals are introduced in the form of easily soluble acetates in doses:

- 1) control (without introduction);
- 2) 1.0 MPC;
- 3) 10.0 MPC.

The calculation of metal concentrations was carried out based on the values of the MPC. The research work was carried out for 8 months. The enzymatic activity of catalase was determined in soil samples. All tests were carried out in a three-fold repetition. To determine the enzymatic activity of catalase, a gasometric method was used. The catalase activity was determined by the method of A. Sh. Galstyan, described by F.H. Khaziev [12].

Results and discussion

As a result of field microdel studies, differences in the biological activity of the soil under alfalfa compared to fallow soil were established. The difference increases with the growth of alfalfa, reaching the greatest values during the earing phase and beyond. The time of this phase falls on the hottest days of the year, which can be explained by a change in the rate of the peroxide decomposition reaction and a shift in the reaction equilibrium towards the formation of oxygen ($2\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$).

An increase in the level of contamination of the soil environment with heavy metals had a direct impact on the change in the activity of the catalase enzyme in alfalfa. The decrease in catalase activity depended on the nature of heavy metals. Alfalfa grown on unpolluted soil had a higher catalase content than in soils artificially polluted with heavy metals. Heavy metals contained in the soil system inhibit the activity of the catalase enzyme and the decomposition reaction of hydrogen peroxide slows down. Under negative influences, the formation of reactive oxygen species in plant cells increases, which can eventually lead to oxidative stress. Therefore, catalase activity can serve as an indicator of environmental pollution.

The results of experimental studies obtained when studying the effect of heavy metals (Pb, Zn, Cu) on the catalase activity of treated and untreated soils with vermicompost (VC) are presented in Table 1 and Figures 1-2.

Table 1 – Effect of heavy metals (Pb, Zn, Cu) on catalase activity

Heavy metals and their concentrations, MPC		Catalase activity (volume of oxygen released, in terms of 1 g of soil)			
		Soil		Soil+Vermicompost	
		ml / min	%	ml / min	%
Pb	0	2,4	-	2,7	-
	1,0	1,7	29,2	2,0	25,9
	10,0	0,9	62,5	1,3	51,8
Zn	0	2,4	-	2,7	-
	1,0	2,0	16,7	2,2	14,8
	10,0	1,2	50,0	1,8	33,3
Cu	0	2,4	-	2,7	-
	1,0	1,4	41,7	1,7	37,0
	10,0	0,7	70,8	1,0	62,9

The determination of catalase activity in soil samples treated and untreated with vermicompost showed a decrease in the activity of the enzyme during HM contamination. The greatest decrease in catalase activity was found for Cu, the smallest-for Zn. The catalase activity with the introduction of 10 MPC Cu decreases by 70.8% compared to the control, with 10 MPC Pb – by 62.5%, with 10 MPC Zn – by 50.0% (see Figure 1-2).

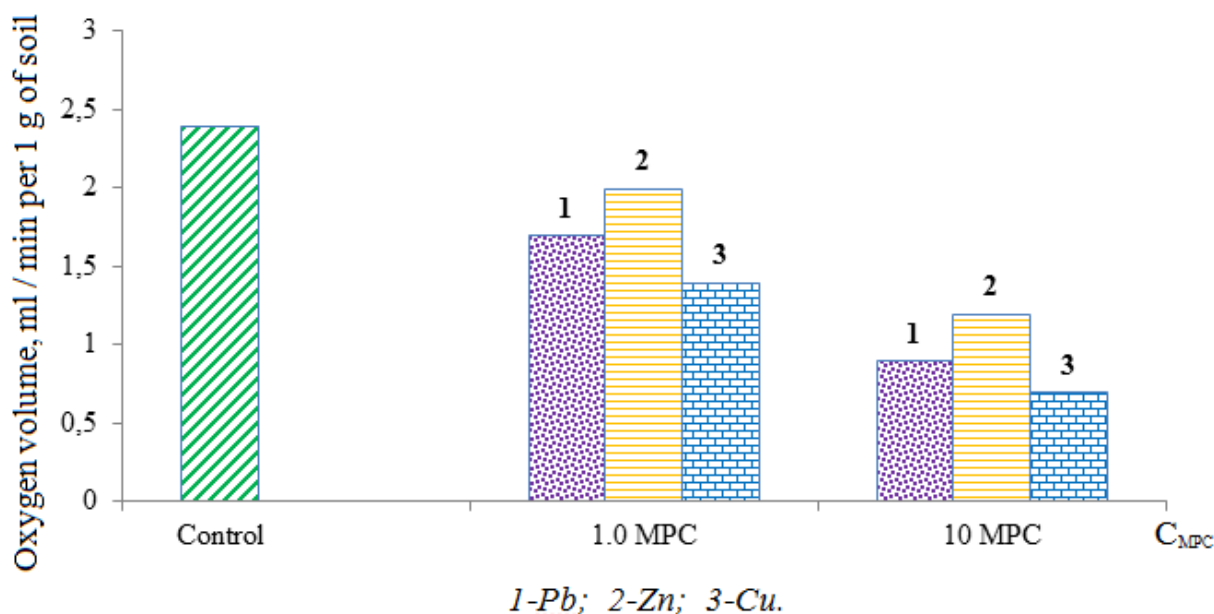


Fig. 1 – Influence of different concentrations of heavy metals (Pb, Zn, Cu) on catalase activity

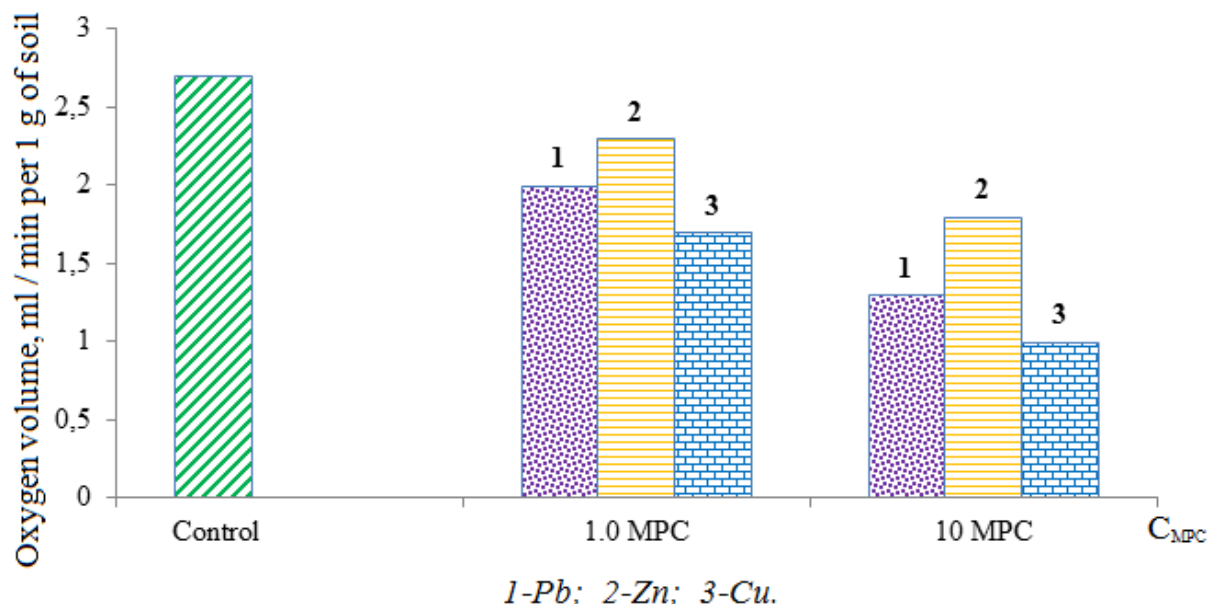


Fig. 2 – Change in catalase activity when applying vermicompost to soil contaminated with heavy metals (Pb, Zn, Cu)

According to the results of model experiments, it was found that an increase in the concentrations of HM introduced into the soil leads to a decrease in catalase activity. The observed phenomenon can be explained by inhibition of enzyme production, that is, a decrease in the number of soil microorganisms in the presence of heavy metals.

Catalase activity at HM (Pb, Zn and Cu) contents from 1.0-10.0 MPC increases when vermicompost is introduced into the soil system. An increase in the activity of enzymes when applying fertilizers to the soil is associated with the transition of a certain part of HM to a stationary state as a result of their interaction with anions, for example, with sulfate, sulfide and others, with the formation of insoluble compounds, as well as with an increase in the content of organic substances. The obtained data suggest that the enzymatic activity of the soil is a reflection of the interaction of heavy metals and microorganisms.

Conclusion

From the studied indicators of catalase activity of contaminated soils with HM, a large response was found. In this regard, the activity of catalase in conditions of various anthropogenic impacts (fertilization, heavy metal pollution) can be used as an indicator when conducting environmental monitoring of soils.

Thus, the different sensitivity of the soil enzyme catalase in the gray-earth soils of the Turkestan region in relation to different doses of heavy metals was established. The studied heavy metals (Pb, Zn and Cu) in elevated concentrations inhibit the activity of catalase. The sensitivity of catalase is different in relation to different doses of HM.

The enzymatic activity of catalase increased when an organic fertilizer-vermicompost was introduced into the soil system, which, accordingly, led to an increase in the rate of the decomposition reaction of hydrogen peroxide.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Nazar R. Cadmium toxicity in plants and role of mineral nutrients in its alleviation / Nazar R., Iqbal N., Masood A. et al. // Amer. J. Plant Sci., 2012. – V.3. – P. 1476-1489.
2. Дроздова Н.И. Экспериментальное моделирование биологической активности почв в промышленной зоне г. Гомеля / Н.И. Дроздова, Ю.М. Жученко // Проблемы здоровья и экологии, 2013. – № 2. – С. 105-113.
3. Ковриго В.П. Почвоведение с основами геологии / В.П. Ковриго, И.С. Кауричев, Л.М. Бурлакова // Колос. – Москва, 2000. – 416 с.
4. Минеев В.Г. Последствие различных систем удобрения на ферментативную активность дерново-подзолистой почвы при загрязнении тяжелыми металлами / В.Г. Минеев // Агрохимия, 2008. – № 10. – С. 48 - 54.
5. Свистова И.Д. Биодинамика микробного сообщества почвы в антропогенных экосистемах лесостепи / И.Д. Свистова // Дисс... докт. биол. наук. – Воронеж, 2005. – 482 с.
6. Дроздова Н.И. Экспериментальное моделирование при изучении биологической активности почв / Н.И. Дроздова, Т.В. Макаренко, Е.В. Куртасова // Экологический вестник, 2016. – № 4 (38). – С. 68-74.
7. Alcalde M. Environmental biocatalysis: from remediation with enzymes to novel green processes / M. Alcalde, M. Ferrer, F. Plou et al. // Trends in Biotechnology, 2006. – V. 24. – P. 281-287.
8. Большая медицинская энциклопедия. Ферменты / Под редакцией Б.В. Петровского, 3-е издание.
9. Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии / Ф.Х. Хазиев // Наука. – Москва, 2005. – 254 с.
10. Емцев В.Т. Микробиология: учебник для вузов / В.Т. Емцев // Дрофа. – Москва, 2005. – 445 с.
11. Варфоломеев С.Д. Химическая энзимология / С.Д. Варфоломеев // Академия. – Москва, 2005. – 472 с.
12. Хазиев Ф.Х. Системно-экологический анализ ферментативной активности почв / Ф.Х. Хазиев // Наука. – Москва, 1982. – 204 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Nazar R. Cadmium toxicity in plants and role of mineral nutrients in its alleviation / Nazar R., Iqbal N., Masood A. et al. // Amer. J. Plant Sci., 2012. – V.3. – P. 1476-1489.
2. Drozdova N.I. Jeksperimental'noe modelirovanie biologicheskoy aktivnosti pochv v promyshlennoj zone g. Gomelja [Experimental modeling of soil biological activity in the industrial zone of Gomel] / N.I. Drozdova, Yu.M. Zhuchenko // Problemy zdorov'ja i jekologii [Problems of health and ecology], 2013. – № 2. – P. 105-113. [in Russian]
3. Kovrigo V.P. Pochvovedenie s osnovami geologii [Soil science with the basics of geology] / V.P. Kovrigo, I.S. Kaurichev, L.M. Burlakova // Kolos. – Moscow, 2000. – 416 p. [in Russian]
4. Mineev V.G. Posledejstvie razlichnyh sistem udobrenija na fermentativnuju aktivnost' dornovo-podzolistoj pochvy pri zagryaznenii tjazhelymi metallami [The aftereffect of various fertilizer systems on the enzymatic activity of sod-podzolic soil when polluted with heavy metals] / V. G. Mineev // Agrohimiya [Agrochemistry], 2008. – № 10. – P. 48 - 54. [in Russian]
5. Svistova I.D. Biodinamika mikrobnogo soobshhestva pochvy v antropogennyh jekosistemah lesostepi [Biodynamics of the soil microbial community in anthropogenic ecosystems of the forest-steppe] / I.D. Svistova // Diss ... doct. biol. nauk. – Voronezh, 2005. – 482 p. [in Russian]
6. Drozdova N.I. Jeksperimental'noe modelirovanie pri izuchenii biologicheskoy aktivnosti pochv [Experimental modeling in the study of soil biological activity] / N.I. Drozdova, T.V. Makarenko, E.V. Kurtasova // Jekologicheskij vestnik [Ecological Bulletin], 2016. – № 4 (38). – P. 68-74. [in Russian]
7. Alcalde M. Environmental biocatalysis: from remediation with enzymes to novel green processes / M. Alcalde, M. Ferrer, F. Plou et al. // Trends in Biotechnology, 2006. – V. 24. – P. 281-287.
8. Bol'shaja medicinskaja jenciklopedija. Fermenty [A large medical encyclopedia. Enzymes] / Edited by B. V. Petrovsky, 3rd edition. [in Russian]
9. Khaziev F.H. Metody pochvennoj jenzimologii [Methods of soil enzymology] / F.H. Khaziev// Nauka. – Moscow, 2005. – 254 p. [in Russian]
10. Yemtsev V.T. Mikrobiologija: uchebnik dlja vuzov [Microbiology: textbook for universities] / V.T. Yemtsev // Bustard. – Moscow, 2005. – 445 p. [in Russian]
11. Varfolomeev S.D. Himicheskaja jenzimologija [Chemical enzymology] / S.D. Varfolomeev // Academy. – Moscow, 2005. – 472 p. [in Russian]
12. Khaziev F.H. Sistemno-jekologicheskij analiz fermentativnoj aktivnosti pochv [System-ecological analysis of the enzymatic activity of soils] / F.H. Khaziev // Nauka. – Moscow, 1982.– 204 p. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2021.113.11.044>**АДАПТАЦИОННАЯ ДИНАМИКА АКТИВНОСТИ ГЛУТАТИОНПЕРОКСИДАЗЫ
В СЫВОРОТКЕ КРОВИ И ИНЫХ ТКАНЯХ КРЫС ПРИ КРИОДЕСТРУКЦИИ ПРАВОГО ПРЕДСЕРДИЯ**

Научная статья

Борискин П.В.¹, Гуленко О.Н.², Павлова О.Н.^{3,*}, Зайцев В.В.⁴, Палевская С.А.⁵² ORCID: 0000-0001-6338-7095;¹ Медицинский университет «Ревиз», Самара, Россия;^{2, 3} Самарский государственный университет путей сообщения, Самара, Россия;^{2, 3, 5} Самарский государственный медицинский университет, Самара, Россия;⁴ Самарский государственный аграрный университет, Кинель, Россия

* Корреспондирующий автор (casiopeya13[at]mail.ru)

Аннотация

Так как смертность от сердечно-сосудистых заболеваний занимает лидирующие позиции среди других болезней в настоящее время большое внимание уделяется поискам маркеров патологических состояний органов сердечно-сосудистой системы и роли оксидативного стресса в патогенезе хронических сердечно-сосудистых заболеваний. Одним из маркеров окислительного стресса является активность глутатионпероксидазы в органах и тканях, как отражение интенсивности окислительных реакций и работы антиоксидантной системы организма. В связи с этим, цель исследования состояла в изучении динамики активности глутатионпероксидазы в сыворотке крови и иных тканях крыс, на фоне криодеструкции миокарда правого предсердия. Задачи исследования: определить активность глутатионпероксидазы в динамике в сыворотке крови, тканях сердца, тканях печени, тканях мозга и скелетной мышечной ткани у интактных животных и животных с экспериментальным оксидативным стрессом, вызванным криодеструкцией миокарда предсердий. В эксперименте было использовано 60 животных, поделенных поровну на 2 группы (интактную и опытную). Красам опытной группы проводили криодеструкцию правого предсердия и у животных обеих групп определяли активность глутатионпероксидазы в сыворотке крови и всех изучаемых тканях до начала опыта, а также на 1, 3, 5, 7 и 14 сутки эксперимента. Установили: активность глутатионпероксидазы в сыворотке крови, тканях печени, тканях мозга, тканях сердца и скелетной мышечной ткани крыс при криодеструкции предсердий и индуцировании оксидативного стресса снижается по сравнению с интактными животными в течение первых 7 суток после повреждающего воздействия на 31,7 %, 29,5 %, 31,2 %, 44,3 % и 35,5 % соответственно. Но к концу эксперимента, за счет адаптационных процессов установлена тенденция к нормализации уровня глутатионпероксидазы и ее активность начинает возрастать в изучаемых тканях, но, по-прежнему, регистрируются значения ниже, чем у интактных крыс – в сыворотке крови ниже на 18,4 %, в тканях печени – ниже на 12,5 %, в тканях мозга – ниже на 14,7 %, в тканях сердца – ниже на 29,9 % и скелетной мышечной ткани – ниже на 25,9 %, что свидетельствует о глубоких нарушениях окислительного гомеостаза в результате криодеструкции правого предсердия.

Ключевые слова: оксидативный стресс, глутатионпероксидаза, сыворотка крови, ткани печени, ткани мозга, ткани сердца, скелетная мышечная ткань.

ADAPTIVE DYNAMICS OF GLUTATHIONE PEROXIDASE ACTIVITY IN BLOOD SERUM AND OTHER RAT TISSUES DURING CRYODESTRUCTION OF THE RIGHT ATRIUM

Research article

Boriskin P.V.¹, Gulenko O.N.², Pavlova O.N.^{3,*}, Zaytsev V.V.⁴, Palevskaya S.A.⁵

² ORCID: 0000-0001-6338-7095;

¹ Reaviz Medical University, Samara, Russia;

^{2,3} Samara State Transport University, Samara, Russia;

^{2,3,5} Samara State Medical University, Samara, Russia;

⁴ Samara State Agrarian University, Kinel, Russia

* Corresponding author (casiopeya13[at]mail.ru)

Abstract

Since cardiovascular diseases occupy the leading position in terms of mortality, much attention is currently being paid to the search for markers of pathological conditions of the organs of the cardiovascular system and the role of oxidative stress in the pathogenesis of chronic cardiovascular diseases. One of the markers of oxidative stress is the activity of glutathione peroxidase in organs and tissues as a reflection of the intensity of oxidative reactions and the work of the body's antioxidant system. In light of this fact, the aim of the article was to study the dynamics of glutathione peroxidase activity in blood serum and other tissues of rats against the background of cryodestruction of the right atrial myocardium. The objectives of the study were to determine the activity of glutathione peroxidase in dynamics in blood serum, heart tissues, liver tissues, brain tissues and skeletal muscle tissue in intact animals and animals with experimental oxidative stress caused by cryodestruction of the atrial myocardium. The experiment involved 60 animals divided equally into 2 groups (intact and experimental). Cryodestruction of the right atrium was performed on the animals of the experimental group, while the activity of glutathione peroxidase in the blood serum and all the studied tissues were determined in animals of both groups before the experiment as well as on the 1st, 3rd, 5th, 7th and 14th days of the experiment. Results: the activity of glutathione peroxidase in blood serum, liver tissues, brain tissues, heart tissues and skeletal muscle tissue of rats during atrial cryodestruction and induction of oxidative stress decreases in comparison with intact animals during the first 7 days after damaging effects by 31,7 %, 29,5 %, 31,2 %, 44,3 % and 35,5%, respectively. However, by the end of the experiment, due to adaptive processes, a tendency was established to normalize the level of glutathione peroxidase and its activity begins to increase in the tissues under study, but, as before, values are recorded lower than in intact rats – it is lower by 18,4% in blood serum, by 12,5% in liver tissues, by 14,7% in brain tissues, by 29,9% in heart tissues, and by 25,9% in skeletal muscle tissue. This indicates deep violations of oxidative homeostasis as a result of cryodestruction of the right atrium.

Keywords: oxidative stress, glutathione peroxidase, blood serum, liver tissue, brain tissue, heart tissue, skeletal muscle tissue.

Введение

Так как смертность от сердечно-сосудистых заболеваний занимает лидирующие позиции среди других болезней в настоящее время большое внимание уделяется поискам маркеров патологических состояний органов сердечно-сосудистой системы и роли оксидативного стресса в патогенезе хронических сердечно-сосудистых заболеваний [1], [2]. Установлено, что оксидативный стресс и активные формы кислорода обладают специфическими адаптивными эффектами: при низких местных концентрациях и под контролем антиоксидантной системы организма в условиях физиологической нормы они регулируют сосудистый тонус, иммунитет, воспалительные процессы и участвуют в передаче информации посредством специфических внутриклеточных сигнальных молекул, но при высоком уровне окислительных процессов и повышенной концентрации активных форм кислорода и свободных радикалов биологические эффекты заключаются в прямом окислительном воздействии на белки, ДНК, клеточные мембраны, что приводит к повреждению и гибели клеток и воссозданию еще более активных свободных радикалов [3], [4], [5].

Многочисленными исследованиями доказана роль оксидативного стресса в патогенезе различных сердечно-сосудистых заболеваний, он способствует прогрессированию гипертонической болезни, реноваскулярной и злокачественной артериальной гипертензии, дислипидемии, атеросклерозу и всех форм ишемической болезни сердца, реперфузионной ишемии, тромбозу, и другим патологиям. Возникновение оксидативного дисбаланса сказывается на функционировании всего организма в целом [6], [7].

Одним из маркеров окислительного стресса является активность глутатионпероксидазы в органах и тканях, как отражение интенсивности окислительных реакций и работы антиоксидантной системы организма.

В связи с этим, цель исследования состояла в изучении динамики активности глутатионпероксидазы в сыворотке крови и иных тканях крыс, на фоне криодеструкции миокарда правого предсердия.

Для реализации поставленной цели нам предстояло решить следующие задачи: определить активность глутатионпероксидазы в динамике в сыворотке крови, тканях сердца, тканях печени, тканях мозга и скелетной мышечной ткани у intactных животных и животных с экспериментальным оксидативным стрессом, вызванным криодеструкцией миокарда предсердий.

Материалы и методы

В эксперименте было использовано 60 животных мужского пола восьмимесячного возраста. Вес крыс составлял 220-240 г. Крысы были поровну разделены на 2 группы, одна группа – intactные животные, вторая группа – опытная. Крысам 2 группы проводили криодеструкцию миокарда правого предсердия с помощью аппарата Кривоной КИ-401 с использованием криоаппликатора № 4 с диаметром рабочей части наконечника 4 мм, с экспозицией 10 секунд. (Кривоной® имеет: Регистрационное удостоверение Росздравнадзора № ФСР 2009 / 04738.). Работа с животными

проводилась в соответствии с этическими нормами под эфирным наркозом и по окончании криодеструкции производили наложение

2-х провизорных швов с доступом, в области 3-4 межреберья, к предсердиям крыс. Грудную полость ушивали герметично, удалив из неё воздух шприцем.

Активность глутатитионпероксидазы в сыворотке крови и всех изучаемых тканях крыс исследовали до начала опыта, а также на 1, 3, 5, 7 и 14 сутки эксперимента по накоплению окисленного глутатиона [8]. Животных декапитировали, забирали кровь и путем механического измельчения тканей сердца, мозга, печени и скелетной мышечной ткани массой 1 г с 9 мл трис-буфера (рН 7,4) готовили гомогенаты в автоматическом гомогенизаторе [9].

Цифровой экспериментальный материал подвергали статистической обработке с применением непараметрического статистического анализа. В работе использованы такие непараметрические критерии, как медиана и процентильный размах, так как они наиболее полно отражают распределение вариантов в вариационном ряду. С целью установления достоверности различий в изучаемых группах использовали критерии Вальда-Вольфовица, Колмогорова-Смирнова и Манна-Уитни с расчетом значения p для каждого метода.

Основные результаты

Динамика активности глутатитионпероксидазы (Me) в сыворотке крови крыс представлена на рисунке 1.

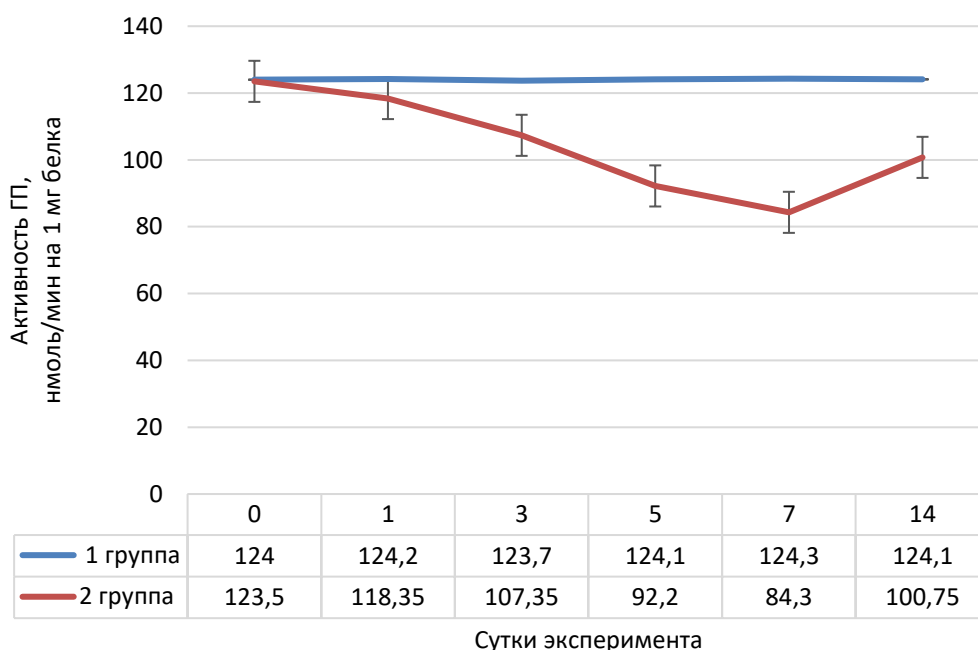


Рис. 1 – Динамика активности глутатитионпероксидазы в сыворотке крови крыс в норме и при криодеструкции миокарда правого предсердия

Согласно представленным данным, на фоне криодеструкции правого предсердия и вызванного этим процессом оксидативного стресса, в крови крыс наблюдается изначально интенсивное снижение активности глутатитионпероксидазы, как одного из важнейших ферментов антиоксидантной системы организма до 7 суток опыта (ниже на 31,7 %), а затем, благодаря компенсаторным механизмам и процессам адаптации определяется тенденция повышения активности фермента, но активность была ниже исходного значения на 18,4 %.

Распределение значений активности глутатитионпероксидазы в сыворотке крови животных с экспериментальным оксидативным стрессом представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Распределение значений активности глутатитионпероксидазы в сыворотке крови крыс на фоне криодеструкции предсердий

Сутки	N	M	Me	Min	Max	25 Per	75 Per	10 Per	90 Per
0	30	123,57	123,50	119,60	127,10	121,90	125,30	120,65	126,55
1	30	118,84	118,35	113,60	123,80	115,70	122,50	114,05	123,60
3	30	107,22	107,35	102,20	111,30	105,10	109,30	103,50	110,85
5	30	92,65	92,20	88,60	97,90	90,80	93,10	89,50	97,45
7	30	84,11	84,30	80,00	88,20	81,70	86,10	81,25	87,45
14	30	101,13	100,75	97,80	105,60	99,90	102,30	99,35	103,90

Согласно табличным данным, на фоне криодеструкции миокарда предсердий произошло интенсифицирование оксидативного стресса, что привело к снижению активности глутатитионпероксидазы.

Динамика активности глутатитионпероксидазы (Me) в тканях печени крыс представлена на рисунке 2.

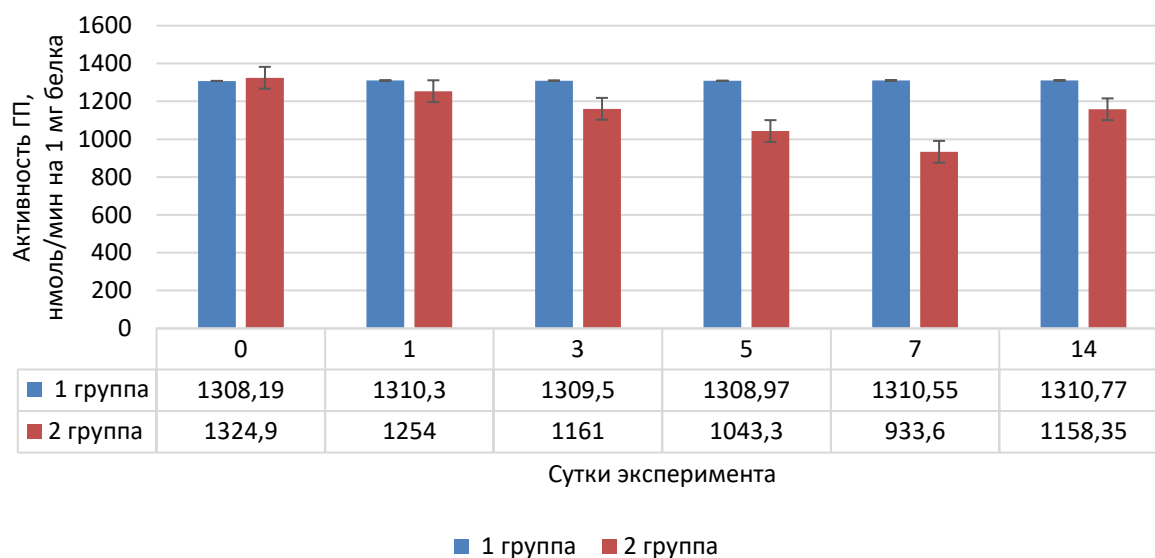


Рис. 2 – Динамика активности глутатионпероксидазы в тканях печени крыс в норме и при криодеструкции миокарда правого предсердия

В отношении динамики глутатионпероксидазы в тканях печени наблюдается аналогичная сыворотке крови тенденция: до седьмых суток активность фермента интенсивно снижалась (на 29,5 %) по сравнению с исходным значением, а на 14 сутки установлена интенсификация активности фермента, но на 12,5 % ниже начального значения.

Распределение значений активности глутатионпероксидазы в тканях печени животных с экспериментальным оксидативным стрессом представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Распределение значений активности глутатионпероксидазы в тканях печени крыс на фоне криодеструкции предсердий

Сутки	N	M	Me	Min	Max	25 Per	75 Per	10 Per	90 Per
0	30	1321,45	1324,90	1271,60	1365,80	1300,50	1340,20	1276,40	1359,35
1	30	1252,70	1254,00	1209,10	1294,90	1241,30	1263,10	1228,70	1277,10
3	30	1166,68	1161,00	1119,60	1223,40	1144,20	1198,20	1129,50	1214,40
5	30	1046,53	1043,30	981,80	1137,80	1011,00	1079,20	992,30	1109,20
7	30	932,14	933,60	915,40	945,80	927,30	938,90	917,55	941,80
14	30	1134,93	1158,35	1014,80	1216,20	1110,60	1177,50	1025,60	1190,40

Согласно представленным данным, мы наблюдаем снижение активности глутатионпероксидазы в тканях печени на фоне экспериментального оксидативного стресса, инициированного криодеструкцией предсердий.

Динамика активности глутатионпероксидазы (Me) в тканях мозга крыс представлена на рисунке 3.

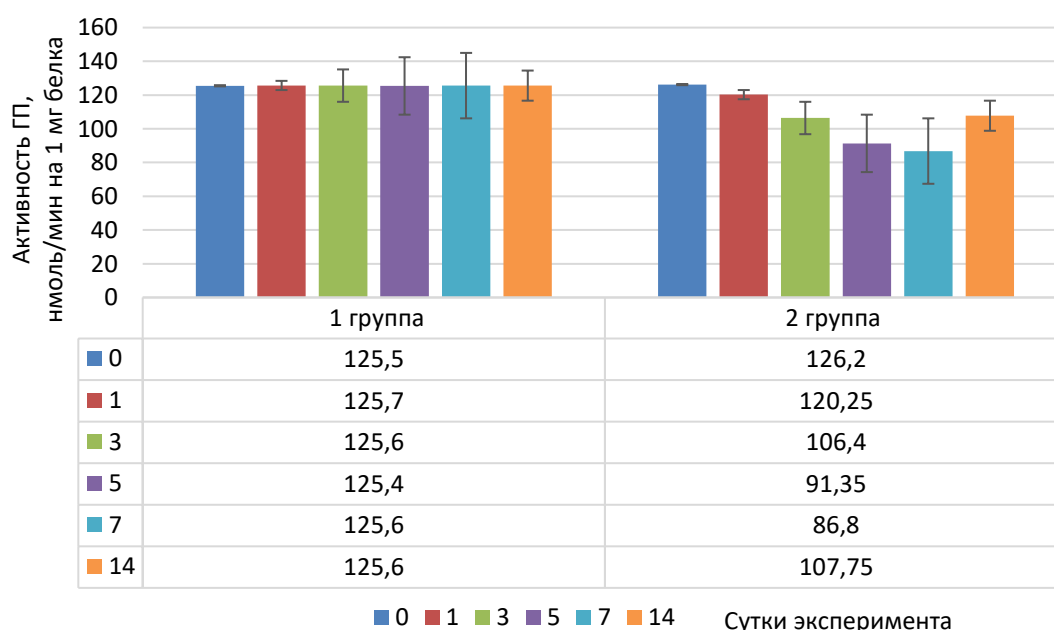


Рис. 3 – Динамика активности глутатионпероксидазы в тканях мозга крыс в норме и при криодеструкции миокарда правого предсердия

В тканях мозга на фоне криодеструкции правого предсердия установлено снижение активности глутатионпероксидазы на 31,2 % от исходного уровня и затем, к окончанию эксперимента активность фермента увеличилась, но была ниже исходного значения на 14,7 %.

Распределение значений активности глутатионпероксидазы в тканях мозга животных с экспериментальным оксидативным стрессом представлено в таблице 3.

Таблица 3 – Распределение значений активности глутатионпероксидазы в тканях мозга крыс на фоне криодеструкции предсердий

Сутки	N	M	Me	Min	Max	25 Per	75 Per	10 Per	90 Per
0	30	125,92	126,20	121,50	130,50	124,00	127,60	122,35	129,00
1	30	120,64	120,25	113,50	125,10	118,10	123,80	116,65	124,65
3	30	106,32	106,40	104,80	108,80	105,30	107,00	105,20	107,65
5	30	89,79	91,35	82,90	96,40	84,40	93,80	83,50	95,15
7	30	86,47	86,80	82,80	89,30	84,50	88,10	83,45	88,90
14	30	107,94	107,75	103,50	112,10	106,10	110,00	104,70	111,35

В тканях мозга в отношении активности глутатионпероксидазы на фоне экспериментального оксидативного стресса наблюдается аналогичная сыворотки крови и тканям печени тенденция.

Динамика активности глутатитионпероксидазы (Me) в тканях сердца крыс представлена на рисунке 4.

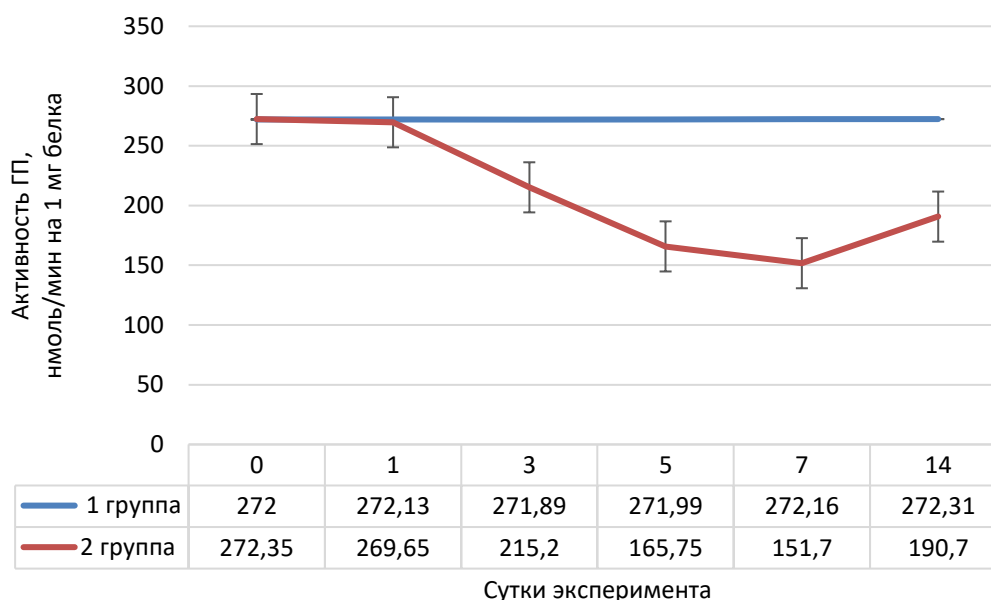


Рис. 4 – Динамика активности глутатионпероксидазы в тканях сердца крыс в норме и при криодеструкции миокарда правого предсердия

В тканях сердца, как и в выше изученных тканях, активность глутатионпероксидазы интенсивно снижалась до седьмых суток опыта и была ниже на 44,3 % по сравнению с исходным значением, а к концу эксперимента – возросла, но была ниже на 29,9 % начального значения.

Распределение значений активности глутатионпероксидазы в тканях сердца животных с экспериментальным оксидативным стрессом представлено в таблице 4.

Таблица 4 – Распределение значений активности глутатионпероксидазы в тканях сердца крыс на фоне криодеструкции предсердий

Сутки	N	M	Me	Min	Max	25 Per	75 Per	10 Per	90 Per
0	30	272,74	272,35	261,50	283,40	266,00	279,80	263,10	282,15
1	30	265,70	269,65	254,50	276,40	257,10	272,90	255,90	275,15
3	30	214,67	215,20	205,30	223,10	209,80	219,40	206,55	222,50
5	30	164,97	165,75	157,80	172,10	160,20	168,60	158,45	171,00
7	30	151,43	151,10	144,80	160,70	148,60	153,60	146,15	157,70
14	30	191,16	190,70	182,20	201,00	187,20	195,40	184,10	199,00

Динамика глутатионпероксидазы в тканях сердца на фоне криодеструкции предсердий соответствует таковой в выше изученных тканях.

Динамика активности глутатитионпероксидазы (Me) в скелетной мышечной ткани крыс представлена на рисунке 5.

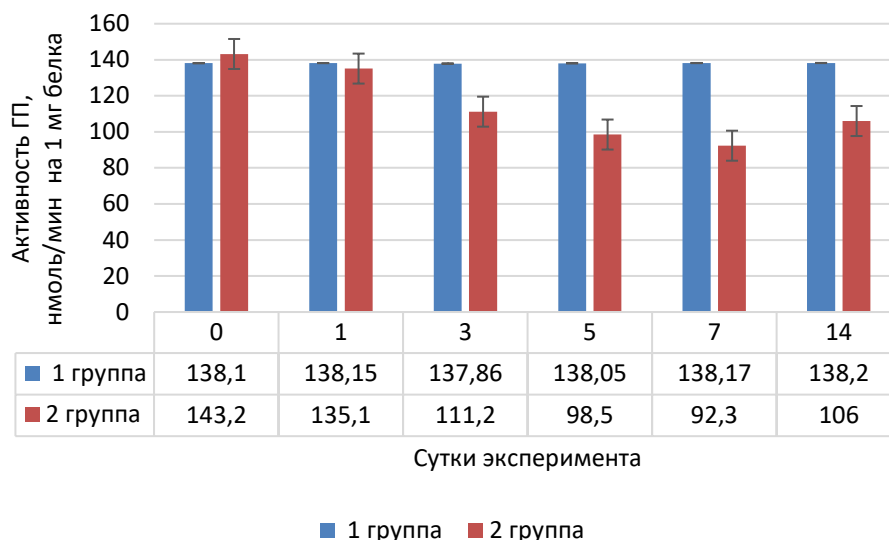


Рис. 5 – Динамика активности глутатионпероксидазы в скелетной мышечной ткани крыс в норме и при криодеструкции миокарда правого предсердия

В скелетной мышечной ткани, как и в выше изученных тканях, активность глутатионпероксидазы интенсивно снижалась до седьмых суток опыта и была ниже на 35,5 % по сравнению с исходным значением, а к концу эксперимента – возросла, но была ниже на 25,9 % начального значения.

Распределение значений активности глутатионпероксидазы в скелетной мышечной ткани животных с экспериментальным окислительным стрессом представлено в таблице 5.

Таблица 5 – Распределение значений активности ГП в скелетной мышечной ткани крыс на фоне криодеструкции предсердий

Сутки	N	M	Me	Min	Max	25 Per	75 Per	10 Per	90 Per
0	30	143,42	143,20	138,10	147,90	140,90	146,10	139,80	147,30
1	30	135,91	135,10	130,50	143,40	132,80	138,60	131,40	142,20
3	30	111,25	111,20	106,20	117,50	108,90	112,80	107,15	116,50
5	30	98,81	98,50	94,50	103,90	97,00	100,70	95,55	102,75
7	30	91,99	92,30	87,20	96,60	90,60	93,20	88,45	95,15
14	30	106,59	106,00	101,60	112,30	104,20	109,20	102,65	111,20

Динамика глутатионпероксидазы в скелетной мышечной ткани на фоне криодеструкции предсердий соответствует таковой в выше изученных тканях.

Обсуждение

Повреждение кардиомиоцитов правого предсердия в результате криодеструкции индуцирует воспалительный процесс и окислительный стресс, что подтверждается изменениями концентрации и активности ферментов системы перекисного окисления липидов-антиоксидантов в тканях организма. Высокие концентрации ферментов, свидетельствующих об интенсивности свободнорадикальных процессов и низкие концентрации ферментов антиоксидантной защиты коррелируют с возникшей миокардиальной дисфункцией, тяжестью состояния и известными неблагоприятными прогностическими маркерами [10]. На клеточном уровне окислительный стресс приводит к развитию и прогрессированию неадекватного ремоделирования миокарда и сердечной недостаточности. Интенсивная выработка свободных радикалов провоцирует выход в цитозоль цитохрома С и других биологически активных веществ за счет открытия пор во внешней мембране митохондрий, что, в конечном итоге, приводит к апоптозу. Все эти процессы являются причиной снижения толерантности к физической нагрузке и мышечной слабости у подопытных животных на фоне возникшей сердечной недостаточности, снижается сократительная функция кардиомиоцитов отчасти вследствие нарушения циркуляции кальция и изменения реакции миофиламентов на кальций [11]. Соответственно, несмотря на то что основной очаг воспаления и нарушенного окислительного гомеостаза находится в тканях сердца, данное состояние сказывается на всех тканях организма и проведенное нами исследование по изучению активности одного из маркеров окислительного стресса – глутатионпероксидазы, показывает взаимосвязь антиоксидантного звена окислительного гомеостаза в тканях организма с патологическими процессами в тканях сердца.

Вывод

Активность глутатионпероксидазы в сыворотке крови, тканях печени, тканях мозга, тканях сердца и скелетной мышечной ткани крыс, при криодеструкции предсердий и индуцировании окислительного стресса снижается по сравнению с интактными животными в течение первых 7 суток после повреждающего воздействия на 31,7 %, 29,5 %, 31,2 %, 44,3 % и 35,5 % соответственно. Но к концу эксперимента, за счет адаптационных процессов установлена

тенденция к нормализации уровня глутатиопероксидазы и ее активность начинает возрастать в изучаемых тканях, но, по-прежнему, регистрируются значения ниже, чем у интактных крыс – в сыворотке крови ниже на 18,4 %, в тканях печени – ниже на 12,5 %, в тканях мозга – ниже на 14,7 %, в тканях сердца – ниже на 29,9 % и скелетной мышечной ткани – ниже на 25,9 % что свидетельствует о глубоких нарушениях окислительного гомеостаза в результате криодеструкции правого предсердия.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Paulus W.J. A novel paradigm for heart failure with preserved ejection fraction: comorbidities drive myocardial dysfunction and remodeling through coronary microvascular endothelial inflammation / Paulus W.J., Tschöpe C. // *J Am Coll Cardiol.* – 2013; – 62(4): – 263-271. DOI: 10.1016/j.jacc.2013.02.092
2. Hummel S.L. Low-sodium dietary approaches to stop hypertension diet reduces blood pressure, arterial stiffness, and oxidative stress in hypertensive heart failure with preserved ejection fraction / S.L. Hummel, E.M. Seymour, R.D. Brook et al. // *Hypertension.* – 2012; – 60(5): – 1200-1206. DOI: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.112.202705.
3. Andrews D. T. L-arginine cardioplegia reduces oxidative stress and preserves diastolic function in patients with low ejection fraction undergoing coronary artery surgery / D. T. Andrews, J. Sutherland, P. Dawson et al. // *Anaesth. Intens. Care.* – 2012. – Vol. 40, № 1. – P. 99–106.
4. Cavalca V. Oxidative stress and nitric oxide pathway in adult patients who are candidates for cardiac surgery: patterns and differences / V. Cavalca, E. Tremoli, B. Porro et al. // *Interact. Cardio-Vasc. Thorac. Surgery.* – 2013. – Vol. 17, № 6. – P. 923–930
5. Lakshmi S.V. Oxidative stress in cardiovascular disease / S.V. Lakshmi, G. Padmaja, P. Kuppusamy et al. // *Indian J Biochem Biophys.* – 2009; – 46(6): – 421-40.
6. Elahi M.M. Oxidative stress as a mediator of cardiovascular disease / M.M. Elahi, Y.X. Kong, B.M. Matata // *Oxid Med Cell Longev.* – 2009; – 2(5): – 259-69.
7. Hirooka Y. Oxidative stress and central cardiovascular regulation / Y. Hirooka, Y. Sagara, T. Kishi et al. // *Circ J.* – 2010; – 74(5): – 827-35.
8. Мальцев, Г.Ю. Методы определения содержания глутатиона и активности глутатионпероксидазы в эритроцитах / Г.Ю. Мальцев, Н.В. Тышко // *Гигиена и санитария.* – 2002. – № 2. – С. 69–72.
9. Руководство по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ / под общ. ред. Р.У. Хабриева. - 2-изд., перераб. и доп. - М.: Медицина, 2005. – 832 с.
10. Lankin V.Z. Atherosclerosis as a free radical pathology and antioxidative therapy of this disease / V.Z. Lankin, A.K. Tikhaze // In: Tomasi A, Özben T, Skulachev VP, editors. *Free Radicals, Nitric Oxide, and Inflammation: Molecular, Biochemical, and Clinical Aspects.* Vol. 344. IOS Press; Amsterdam: 2003. pp. 218–231. (NATO Science Series).
11. Takano H. Implication of cardiac remodeling in heart failure: mechanisms and therapeutic strategies. / H Takano, H Hasegawa, T Nagai, et al. // *Intern Med.* – 2003; 42: 465–9.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Paulus W.J. A novel paradigm for heart failure with preserved ejection fraction: comorbidities drive myocardial dysfunction and remodeling through coronary microvascular endothelial inflammation / Paulus W.J., Tschöpe C. // *J Am Coll Cardiol.* – 2013; – 62(4): – 263-271. DOI: 10.1016/j.jacc.2013.02.092
2. Hummel S.L. Low-sodium dietary approaches to stop hypertension diet reduces blood pressure, arterial stiffness, and oxidative stress in hypertensive heart failure with preserved ejection fraction / S.L. Hummel, E.M. Seymour, R.D. Brook et al. // *Hypertension.* – 2012; – 60(5): – 1200-1206. DOI: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.112.202705.
3. Andrews D. T. L-arginine cardioplegia reduces oxidative stress and preserves diastolic function in patients with low ejection fraction undergoing coronary artery surgery / D. T. Andrews, J. Sutherland, P. Dawson et al. // *Anaesth. Intens. Care.* – 2012. – Vol. 40, № 1. – P. 99–106.
4. Cavalca V. Oxidative stress and nitric oxide pathway in adult patients who are candidates for cardiac surgery: patterns and differences / V. Cavalca, E. Tremoli, B. Porro et al. // *Interact. Cardio-Vasc. Thorac. Surgery.* – 2013. – Vol. 17, № 6. – P. 923–930
5. Lakshmi S.V. Oxidative stress in cardiovascular disease / S.V. Lakshmi, G. Padmaja, P. Kuppusamy et al. // *Indian J Biochem Biophys.* – 2009; – 46(6): – 421-40.
6. Elahi M.M. Oxidative stress as a mediator of cardiovascular disease / M.M. Elahi, Y.X. Kong, B.M. Matata // *Oxid Med Cell Longev.* – 2009; – 2(5): – 259-69.
7. Hirooka Y. Oxidative stress and central cardiovascular regulation / Y. Hirooka, Y. Sagara, T. Kishi et al. // *Circ J.* – 2010; – 74(5): – 827-35.
8. Mal'cev, G.Ju. Metody opredeleniya soderzhanija gl'utaciona i aktivnosti glutathionperoksidazy v j'eritrocitah [Methods of determination of glutathione content and glutathione peroxidase activity in erythrocytes] / G.Ju. Mal'cev, N.V. Tyshko // *Gigiena i sanitariya* [Hygiene and Sanitation]. – 2002. – № 2. – P. 69–72. [in Russian]
9. Rukovodstvo po j'eksperimental'nomu (doklinicheskomu) izucheniju novyh farmakologicheskikh veshhestv [Guidelines for experimental (preclinical) study of new pharmacological substances]. - М.: Медицина. – 2005. – P. 832. [in Russian]
10. Lankin V.Z. Atherosclerosis as a free radical pathology and antioxidative therapy of this disease / V.Z. Lankin, A.K. Tikhaze // In: Tomasi A, Özben T, Skulachev VP, editors. *Free Radicals, Nitric Oxide, and Inflammation: Molecular, Biochemical, and Clinical Aspects.* Vol. 344. IOS Press; Amsterdam: 2003. pp. 218–231. (NATO Science Series).
11. Takano H. Implication of cardiac remodeling in heart failure: mechanisms and therapeutic strategies. / H Takano, H Hasegawa, T Nagai, et al. // *Intern Med.* – 2003; 42: 465–9.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2021.113.11.045>**ФИЗИЧЕСКАЯ РЕАБИЛИТАЦИЯ ДЕТЕЙ 4-7 ЛЕТ С ЗАБОЛЕВАНИЯМИ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ**

Научная статья

Давыдова С.С.^{1,*}, Назирова А.А.², Давыдова Ю.А.³¹ ORCID: 0000-0001-9740-1465;² ORCID: 0000-0002-2901-4719;^{1,2} Липецкий государственный педагогический университет имени П.П. Семенова-Тян-Шанского, Липецк, Россия;³ Воронежский государственный медицинский университет имени Н.Н. Бурденко, Воронеж, Россия

* Корреспондирующий автор (Selena-dav[at]rambler.ru)

Аннотация

Исследовался процесс физической реабилитации детей 4-7 лет с заболеваниями дыхательной системы с использованием комплексной методики дыхательной гимнастики по А.Н. Стрельниковой и упражнений ЛФК на фитболе. Цель исследования – улучшение функционального состояния системы внешнего дыхания у детей 4-7 лет болеющих бронхитами и оценка эффективности комплексной методики. Использовались методы оценки функционального состояния дыхательной системы, коррекционные методики и статистическая обработка результатов исследования. Функциональное состояние системы внешнего дыхания у детей 4-7 лет болеющих бронхитом характеризовалось снижением ЖЕЛ, пробы Штанге, пробы Генчи, жизненного индекса, по результатам пикфлоуметрии спазм дыхательных путей отсутствовал. Детям дошкольного возраста с различной степенью выраженности расстройств бронхолегочной системы может быть рекомендован курс дыхательной гимнастики и упражнений ЛФК на фитболе в качестве средств профилактической медицины и эффективного средства повышения физических возможностей дошкольников, болеющих бронхитами.

Ключевые слова: физическая реабилитация, дети 4-7 лет, функциональное состояние дыхательной системы, физические возможности.

PHYSICAL REHABILITATION OF 4-7 YEAR OLD CHILDREN WITH RESPIRATORY DISEASES

Research article

Davydova S.S.^{1,*}, Nazirova A.A.², Davydova Yu.A.³¹ ORCID: 0000-0001-9740-1465;² ORCID: 0000-0002-2901-4719;^{1,2} P.P. Semenov-Tyan-Shansky Lipetsk State Pedagogical University, Lipetsk, Russia;³ N.N. Burdenko Voronezh State Medical University, Voronezh, Russia

* Corresponding author (Selena-dav[at]rambler.ru)

Abstract

The current article examines the process of physical rehabilitation of 4-7-year-old children with diseases of the respiratory system using a comprehensive technique of respiratory gymnastics according to A.N. Strelnikova and physical therapy exercises using the exercise ball. The aim of the study is to improve the functional state of the external respiratory system in 4-7-year-old children with bronchitis and to evaluate the effectiveness of the comprehensive technique. The authors use methods of assessing the functional state of the respiratory system, corrective techniques and statistical processing of the results of the study. The functional state of the external respiratory system in 4-7-year-old children suffering from bronchitis was characterized by a decrease in the lung capacity, timed inspiratory capacity, pulmonary capacity-body mass index; according to the results of the peak flow measurement, there was no spasm of the respiratory tract. Preschool children with varying degrees of severity of disorders of the bronchopulmonary system may be recommended a course of respiratory gymnastics and physical therapy exercises using the exercise ball as a means of preventive medicine and an effective means of increasing the physical capabilities of preschoolers suffering from bronchitis.

Keywords: physical rehabilitation, 4-7 years old children, functional state of the respiratory system, physical capabilities.

Введение

Заболевания органов дыхания у детей, их своевременное лечение, реабилитация и профилактика являются одной из наиболее актуальных проблем и имеют как медицинское, так и социальное значение. Статистические показатели заболеваемости детей дошкольного возраста Российской Федерации за последние 20 лет, наблюдения, свидетельствуют о неуклонно лидирующем положении болезней органов дыхания в структуре педиатрической заболеваемости. Болезни органов дыхания ежегодно составляют около половины всех болезней, свойственных детскому организму [1], [2], [3].

Существенное значение для формирования бронхита у ребенка имеют анатомо-физиологические особенности дыхательной системы, которые постепенно исчезают к концу периода первого детства [4], [5], нарушение иммунного реагирования организма по причине незрелости его иммунной системы и наличие аллергических заболеваний. Несмотря на разнообразие причинно-значимых факторов, способных вызвать заболевание, все же ведущее значение в этиологии бронхита принадлежит инфекциям. Наиболее частыми возбудителями бронхита, особенно его острых и рецидивирующих форм, в детском возрасте являются вирусы и вирусно-бактериальные ассоциации. Установлена высокая тропность вирусов к слизистой оболочке дыхательных путей. У ослабленных детей и детей с низкими показателями здоровья вирусы могут длительно персистировать в клетках дыхательного эпителия, и активизироваться под воздействием различных неблагоприятных факторов. Также вирусы могут быть кондукторами проникновения

бактериальной инфекции (преимущественно кокков) в ткани стенок бронхов, и присоединившаяся бактериальная инфекция осложняет течение воспалительного процесса [6], [7].

Частые бронхиты у детей приводят к ослабеванию иммунитета из-за длительности и тяжести заболевания, использования лекарств, поэтому полное выздоровление возможно при проведении комплекса лечебных мероприятий, направленных на скорейшее восстановление функциональных возможностей организма. Период реабилитации включает меры, направленные не только на нейтрализацию воспалительного процесса и нормализацию дренажной функции дыхательных путей, но и на улучшение крово- и лимфообращения, укрепление мышц, повышение иммунного ответа. Эти задачи выполняются после использования комплекса оздоровительных мероприятий, включающих в себя разнообразные физические процедуры, упражнения, направленные на укрепление мускулатуры бронхов и другие виды ЛФК [8].

Дыхательная гимнастика (респираторная терапия) – метод лечения «дыхания через дыхание». Она направлена на использование таких методик как дыхание через сопротивление, абдоминальное дыхание, медленный удлиненный вдох с пассивным выдохом, парадоксальная дыхательная гимнастика, метод волевой ликвидации глубокого дыхания, методы интервальной гипоксической тренировки и другие [1], [7], [9], [10]. Некоторые виды гимнастик требуют больших энергетических затрат, и даже перестройки всего образа жизни, так как рассчитаны на годы тренировки.

Адаптационная дыхательная гимнастика А. Н. Стрельниковой легкая в освоении, не требующая больших помещений и энергозатрат в комплексе с ЛФК приобретает актуальность в современной действительности для детей дошкольного возраста болеющими бронхитами [11], [12]. В своем исследовании мы оценили эффективность комплексной методики с использованием дыхательной гимнастики по А.Н. Стрельниковой [13] и ЛФК с использованием упражнений на фитболе [14] при бронхите на функциональное состояние детей 4-7 лет болеющих бронхитом.

Цель исследования – улучшение функционального состояния системы внешнего дыхания у детей 4-7 лет болеющих бронхитами.

Задачи исследования:

1. Определить функциональное состояние системы внешнего дыхания у детей 4-7 лет болеющих бронхитами.
2. Оценить эффективность комплексной методики с использованием дыхательной гимнастики по А.Н. Стрельниковой и упражнений ЛФК с использованием фитбола и ее влияние на функциональное состояние детей 4-7 лет болеющих бронхитом.

Методы и принципы исследования

Для решения поставленных в работе задач использовались антропометрические методы исследования – длина тела и масса тела; методы оценки функционального состояния дыхательной системы – ЖЕЛ, жизненный индекс, пробы Штанге и Генчи; пикфлоуметрия – одна из популярных и доступных методик для диагностики функциональных характеристик бронхолегочной системы человека. Процедура позволяет устанавливать значение пиковой скорости выдоха (ПСВ) – показателя, который отображает наличие или отсутствие спазма дыхательных путей; коррекционные методики.

При анализе полученных данных были использованы методы вариационной статистики с использованием вычислительной техники и программного пакета Microsoft Excel 2010. Вычислялись средняя арифметическая величина, ошибка средней величины, стандартное отклонение, ошибка средней арифметической и критерий Вилкоксона, для оценки различий экспериментальных данных, полученных в двух разных условиях на одной и той же выборке испытуемых.

В исследовании были проанализированы показатели здоровья и антропометрические данные 30 детей – 15 мальчиков и 15 девочек в возрасте от 4 до 7 лет болеющие бронхитами. Из их числа путем случайного деления дошкольников разделили на две группы – контрольную и экспериментальную. В экспериментальную группу вошли 15 детей, относящихся к больнице по территориальному принципу, которые могли дополнительно к реабилитационной программе регулярно заниматься в зале ЛФК, а в контрольную также 15 детей, которые не занимались ЛФК. Исследования проводились на базе ГУЗ «Областной детской больницы» города Липецка, находящейся по адресу: г. Липецк ул. Московская, д.6а.

Исследование проводилось в период с октября 2020 по май 2021 года с соблюдением всех мер техники безопасности, профилактики и охраны здоровья, предусмотренных ВОЗ в связи с распространением вируса Covid-19 и введением повсеместно масочного режима и ограничений. Также было получено согласие у родителей (или их законных представителей) детей на исследование показателей жизни и здоровья в группе, при условии строгой их [показателей] анонимности.

В течение шести месяцев реализовывалась методика комплексного влияния дыхательной гимнастики по А.Н. Стрельниковой [13] направленная на укрепление носоглотки, верхних дыхательных путей и легких с напряжением тонуса некоторых дыхательных мышц и укрепление мышечного тонуса всей дыхательной системы, и ЛФК при заболеваниях дыхательной системы с использованием фитбола, на функциональное состояние системы внешнего дыхания у часто болеющих детей.

Занятия дыхательной гимнастикой и ЛФК проводились регулярно 2 раза в неделю в зале ЛФК ГУЗ «Областной детской больницы».

Предложенная методика, длительностью 35 минут состояла из 3 частей. Подготовительной части, в течение 10 минут, где применялись общеразвивающие упражнения и обучения навыку правильного дыхания. Темп упражнений медленный. Исходное положение – лежа на спине и животе. Основной части, длительностью 15 минут, где применялся базовый комплекс из 14 дыхательных упражнений гимнастики по А.Н. Стрельниковой. Заключительной части, длительностью 10 минут, где выполнялись упражнения с использованием фитбола.

Основные результаты

Результатам исследования предшествовали антропометрические измерения, которые оказались в пределах границ физиологической нормы в обеих группах и не имели достоверных различий (см. таблицу 1).

Таблица 1 – Показатели массы тела, роста у детей 4-7 лет

№	Показатели	Экспериментальная группа	Контрольная группа	P
1.	Вес, кг	18,91±4,52	16,04±4,40	> 0,05
2.	Рост, см	116,56±3,70	117,54±3,73	> 0,05

Определялась жизненная емкость легких (ЖЕЛ). Результаты исследования не выявили различий этого показателя у детей контрольной и экспериментальной группы. ДЖЕЛ – величина ЖЕЛ, соответствующая росту, массе тела, возрасту и полу испытуемого, также не имела достоверных отличий (см. таблицу 2).

Таблица 2 – Сравнение показателей ЖЕЛ и ДЖЕЛ у детей 4-7 лет

№	Показатели	Экспериментальная группа	Контрольная группа	P
1.	ЖЕЛ, мл	721,6±14,72	695,2±13,75	> 0,05
2.	ДЖЕЛ, мл	1360,0±32,80	1251,0±33,73	> 0,05
3.	ЖЕЛ/ДЖЕЛ, %	53,05±2,3	55,08±3,4	> 0,05

При определении жизненного индекса мы выявили, что ни у одного ребенка этой возрастной категории он не соответствует норме 55-60мл/кг (см. таблицу 3).

Таблица 3 – Жизненный индекс у детей 4-7 лет

№	Показатели	Экспериментальная группа	Контрольная группа
1.	Вес, кг	18,91±4,52	16,04±4,40
2.	ЖЕЛ, мл	721,60±14,72	695,20±13,75
3.	Жизненный индекс, мл/кг	38,16±1,8	43,34±1,9

При проведении пикфлоуметрии выяснили, что пиковая скорость воздуха (ПСВ), которая отражает поток воздушных масс, выходящих из лёгких за 1 мин с максимальной скоростью, составила 170 л/мин. Верхняя и нижняя границы детской нормы пикфлоуметрии определялись путем прибавления и вычитания из среднего значения 13%. Следовательно, выдох с силой от 147,9 до 192,1 л/мин являлся нормальным для детей данной возрастной категории.

При проведении проб с задержкой дыхания были получены следующие результаты: показатель пробы Штанге был снижен у всех испытуемых на 53%, а пробы Генчи, также у всех часто болеющих бронхитами дошкольников на 38% (см. таблицу 4).

Таблица 4 – Результаты функциональных проб Штанге и Генчи с задержкой дыхания у детей 4-7 лет

№	Показатели	Экспериментальная группа	Контрольная группа	P
1.	Проба Штанге, с	8,6±1,42	9,6±1,5	> 0,05
2.	Проба Генчи, с	4,9±0,4	5,1±0,5	> 0,05

После исходного тестирования часто болеющих бронхитом дошкольников 4-7 лет в экспериментальной группе в течение шести месяцев изучалось воздействие комплекса дыхательной гимнастики по А.Н. Стрельниковой и упражнений ЛФК при заболеваниях дыхательной системы с использованием упражнений на фитболе на показатели функционального состояния системы внешнего дыхания. Итоговое обследование выявило положительную динамику в исследуемых показателях (см. таблицу 5, см. рисунок 1-2). Выявлено, что показатели ЖЕЛ во всех группах возрастают, а у мальчиков и девочек экспериментальной группы увеличились достоверно.

Таблица 5 – Динамика показателей функционального состояния системы внешнего дыхания у детей 4-7 лет болеющих бронхитом

№	Показатели	Ноябрь 2020 г.		Май 2021 г.	
		Экспериментальная группа	Контрольная группа	Экспериментальная группа	Контрольная группа
1	2	3	4	5	6
1.	ЖЕЛ, мл	721,60±14,72	695,20±13,75	897,40±11,3*	724,20±15,4
2.	Жизненный индекс мл/кг	38,16±1,80	43,34±,90	47,52±1,6*	44,81±0,9
3.	Проба Штанге, с	8,60±1,42	9,60±1,50	13,30±2,1*	11,32±0,7
4.	Проба Генчи, с	4,90±0,4	5,10±0,5	6,41±0,5*	5,90±0,4

Примечание: * - $P < 0,05$ в экспериментальной группе в начале и конце исследования

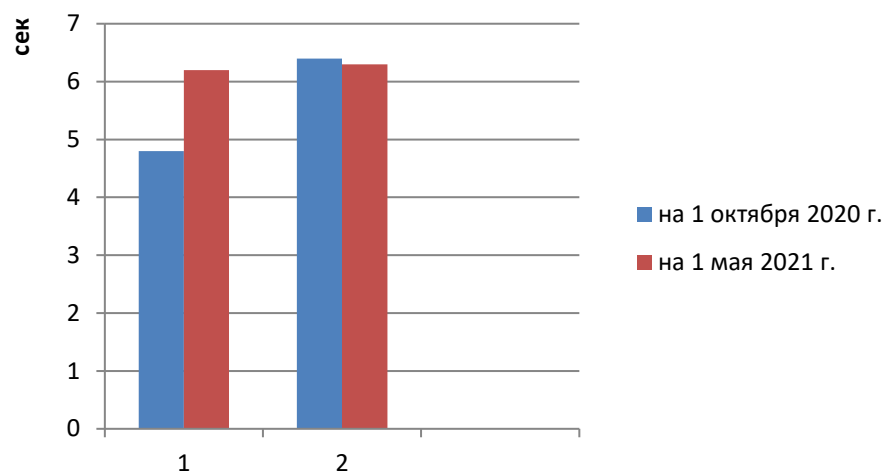


Рис. 1 – Динамика показателей функциональной пробы Генчи у детей 4-7 лет болеющих бронхитом

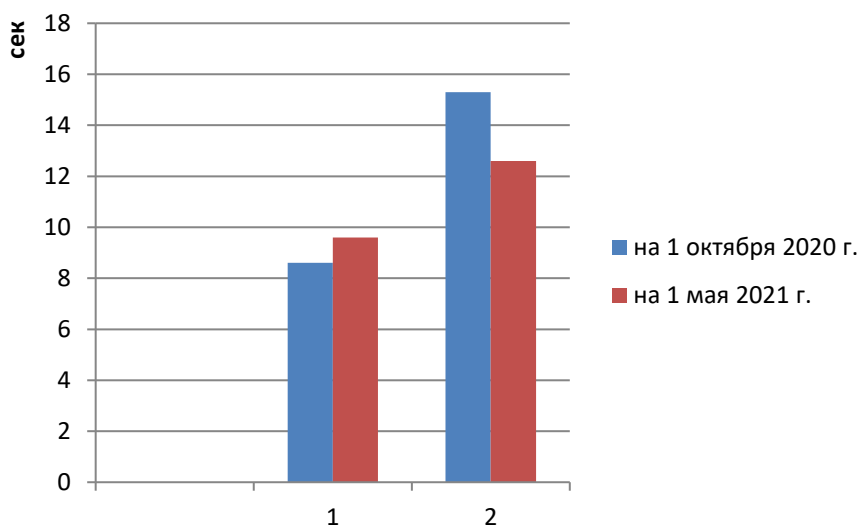


Рис. 2 – Динамика показателей функциональной пробы Штанге у детей 4-7 лет болеющих бронхитом

Обсуждение

Сравнив фактические значения ЖЕЛ и ДЖЕЛ, мы обнаружили существенные различия. В норме ЖЕЛ не должна отличаться от ДЖЕЛ более чем на 15%. Относительно уменьшения ЖЕЛ мнения специалистов не столь однозначны, но большинство склонно считать патологией ситуацию, когда данный параметр меньше должного на 20% и более. В нашем случае значения соотношений ЖЕЛ/ДЖЕЛ колебались в пределах от 53,05 % до 55,08%. Изменение этого параметра может наблюдаться не только в случае снижения функционального состояния респираторной системы, но и по различным болезням дыхательной, сердечнососудистой и других систем [1]. В результате использования комплекса дыхательной гимнастики по А.Н. Стрельниковой и упражнений ЛФК на фитболе в экспериментальной группе показатели ЖЕЛ достоверно увеличились (см. таблицу 5), что позволяет говорить о повышении функционального состояния внешнего дыхания.

Жизненный индекс служит для определения функциональных возможностей аппарата внешнего дыхания. У обследованных детей, часто болеющих бронхитом, величина жизненного индекса была значительно ниже физиологических норм для данного возраста и колебалась в пределах от 33% до 49% в обеих группах. Такое изменение функционального состояния системы внешнего дыхания, возможно, зависит не только от состояния здоровья, но и от качественных и количественных особенностей двигательного режима [9]. Необходимо отметить, что в конце эксперимента величина жизненного индекса у детей экспериментальной группы увеличилась достоверно ($P < 0,05$), что указывает на повышение уровня вентиляционной поверхности легких.

При проведении пикфлоуметрии учитывался рост детей участвующих в исследовании. В экспериментальной группе он составил $116,56 \pm 3,7$ см, в контрольной группе – $117,54 \pm 3,73$ см. Средняя норма равная 170 л/мин оказалась оптимальной; разброс значений от 147,9 л/мин до 192,1 л/мин находился в зеленой зоне и указывал на отсутствие спазма дыхательных путей. Данное обстоятельство демонстрирует отсутствие обструкции и причин, ограничивающих поступление воздушного потока [4].

По величине показателя пробы Генчи можно косвенно судить об уровне обменных процессов, степени адаптации дыхательного центра к гипоксии и гипоксемии. На начальном этапе исследования функциональные пробы Штанге и Генчи показали, что у детей, часто болеющих бронхитом, выявлено снижение времени задержки дыхания, что указывает на снижение функции внешнего дыхания. Частые заболевания ограничивают не только двигательную активность детей, но и угнетают физическое развитие организма ребенка [1], [2]. На завершающем этапе исследования

результаты проб Штанге и Генчи увеличились у детей обеих групп, причем в экспериментальной группе увеличение было достоверным ($P < 0,05$).

По нашему мнению, благодаря комплексу дыхательной гимнастики по А.Н. Стрельниковой и упражнений ЛФК на фитболе, возможность длительно задерживать дыхание у детей экспериментальной группы могла быть обусловлена не только функциональным состоянием, но и увеличением мощности дыхательных мышц.

Заключение

В рамках системного подхода к физической реабилитации детей 4-7 лет с заболеваниями дыхательной системы, в частности, бронхитом, целесообразно рассматривать показатели состояния функции внешнего дыхания как один из критериев общего физического развития.

Реабилитационные мероприятия при бронхите направлены на поддержание ремиссии болезни, восстановление функциональной активности и адаптационных возможностей дыхательной системы, обеспечивающей нормальное развитие жизнеобеспечения организма. Средства физической реабилитации детей с заболеваниями дыхательной системы – ЛФК, массаж, физиотерапия.

В результате использования комплекса дыхательной гимнастики по А.Н. Стрельниковой и упражнений ЛФК при заболеваниях дыхательной системы с использованием упражнений на фитболе у детей отмечался рост показателей оценки функционального состояния дыхательной системы. В экспериментальной группе – ЖЕЛ, жизненный индекс и результаты проб Штанге и Генчи увеличились достоверно. Данный факт позволяет говорить о повышении функционального состояния внешнего дыхания.

Детям дошкольного возраста с различной степенью выраженности расстройств респираторной системы может быть рекомендован курс дыхательной гимнастики по А.Н. Стрельниковой и упражнения ЛФК при заболеваниях дыхательной системы с использованием упражнений на фитболе в качестве средств профилактической медицины и эффективного средства повышения физических возможностей дошкольников, болеющих бронхитами.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Ямпольская Ю.А. Популяционный мониторинг состояния физического развития детского населения в гигиене детей и подростков / Ю.А. Ямпольская // Науч. обзор, Мед. реферат. журн. -1990. - Разд. 7. - № 1. - С. 26-30.
2. Сорока Н.Д. Анализ тенденций в динамике статистических показателей заболеваемости болезнями органов дыхания у детей Санкт-Петербурга. Пульмонология детского возраста: проблемы и решения. Под ред. Ю.Л. Мизерницкого и А.Д. Царегородцева / Н.Д. Сорока, Е.В. Коршунова. - М.: МНИИ педиатрии и детской хирургии Росздрава. - № 9. - 2009. - С. 171-176.
3. Сорока Н.Д. Острый бронхит у детей: состояние проблемы, актуальные пути решения / Н.Д. Сорока. - СПб: «Педиатрия». - Том 92, № 6. - 2013. - С. 36-52.
4. Алфёров В.П. Бронхообструктивный синдром у детей раннего возраста / В.П. Алфёров, Т.А. Сидорова, С.Б. Липногорский. - СПб.: Каф. Педиатрии №3 с курсом неонатологии СПМА последипломного образования, 2004.
5. Безруких М.М. Возрастная физиология: Физиология развития ребенка: учеб. пособие / М.М. Безруких. - 4-е изд. - М.: Академия ИЦ. - 2009. - 416 с.
6. Инфекции респираторного тракта у детей раннего возраста. Под ред. Г.А. Самсыгиной / М.: - Миклош. - 2006. - С. 111-136.
7. Ревякина, В.А. Кашель у детей: причины, подходы к терапии / В.А. Ревякина // Consilium medicum. Пульмонология. - № 8 (2). -2006. - С.38-42.
8. Самсыгина Г.А. Острый бронхит у детей и его лечение / Г.А. Самсыгина. -Педиатрия. № 87(2). - 2008. - С. 25-32.
9. Кардашенко В. Н. Физическое развитие - один из важнейших показателей здоровья детей и подростков / В.Н. Кардашенко, Е.П. Стромская Е.П., Л.П. Варламова и др. // Гигиена и санитария. - 1980. - № 10. - С. 33-35.
10. Dietzsch H.J. Epidemiologic and bronchologic aspects of Chronic bronchitis in childhood (author's transl) / H.J. Dietzsch // Padiatr. Padol. № 10(2). -1975. P.176-183.
11. Бубнова Н.И. Хронические неспецифические заболевания лёгких у детей / Н.И. Бубнова. // Клеточная биология легких в норме и при патологии. Под ред. В.В. Ерохина, Романовой Л.К. М.: Медицина. - 2000. - С. 351-357.
12. Артамонов Р.Г. Бронхиты / Р.Г. Артамонов // Мед.научный и учебно-методический журнал. 42(4). 2008. - С. 3-24.
13. Щетинин М. Н. Дыхательная гимнастика А. Н. Стрельниковой / М. Н. Щетинин. - М. : Метафора. - 2002 - 128 с.
14. Орлова Н.В. Фитбол как средство сохранения здоровья и долголетия: метод. рекомендации для студ. всех спец. / Н. В. Орлова, Н.И.Козлова, Г.К. Бажанова. - Брест: БрГТУ. - 2013. - 19 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Yampolskaya Yu.A. Populacionnyj monitoring sostojanija fizicheskogo razvitiya detskogo naselenija v gijene detej i podrostkov [Population monitoring of the state of physical development of the child population in the hygiene of children and adolescents] / Yu.A. Yampolskaya // Nauch. obzor, Med. referat. zhurn [Scientific. Review, Med. essay. Zhurn]. -1990. - Sec. 7. - No. 1. - P. 26-30 [in Russian]
2. Soroka N.D. Analiz tendencij v dinamike statisticheskikh pokazatelej zaboлеваemosti boleznyami organov dyhanija u detej Sankt-Peterburga. Pul'monologija detskogo vozrasta: problemy i reshenija [Analysis of trends in the dynamics of statistical indicators of the incidence of respiratory diseases in children of St. Petersburg. Pulmonology of childhood: problems and solutions] / Ed. Yu.L. Mizernitsky and A.D. Tsaregorodtseva / N.D. Soroka, E.V. Korshunova. -M. : Moscow Research Institute of Pediatrics and Pediatric Surgery, Roszdrav. - No. 9. -2009. - P. 171-176 [in Russian]

3. Soroka N.D. Ostryj bronhit u detej: sostojanie problemy, aktual'nye puti reshenija [Acute bronchitis in children: state of the problem, actual solutions] / N.D. Magpie // SPb: "Pediatrics". - Volume 92, No. 6. - 2013. - P. 36-52 [in Russian]
4. Alferov V.P. Bronhoobstruktivnyj sindrom u detej rannego vozrasta [Broncho-obstructive syndrome in young children] / V.P. Alferov, T.A. Sidorova, S.B. Lipnogorsk St. Petersburg: Department. Pediatrics No. 3 with the course of neonatology SPMA postgraduate education, 2004 [in Russian]
5. Bezrukikh M.M. Vozrastnaja fiziologija: Fiziologija razvitija rebenka [Age physiology: Physiology of child development]: textbook. allowance / M.M. Handless. - 4th ed. - M.: Academy of ITs. - 2009. - 416 p [in Russian]
6. Infekcii respiratornogo trakta u detej rannego vozrasta [Infections of the respiratory tract in young children]. Ed. G.A. Samsygina / M.: - Miklos. - 2006. - P. 111-136 [in Russian]
7. Revyakina, V.A. Kasha' u detej: prichiny, podhody k terapii [Cough in children: causes, approaches to therapy] / V.A. Revyakin. - Consiliummedicum. Pulmonology. - No. 8 (2). -2006. - pp. 38-42 [in Russian]
8. Samsygina G.A. Ostryj bronhit u detej i ego lechenie [Acute bronchitis in children and its treatment] / G.A. Samsygin // Pediatrija [Pediatrics]. No. 87 (2). - 2008. - P. 25-32 [in Russian]
9. Kardashenko V.N. Fizicheskoe razvitie - odin iz vazhnejshih pokazatelej zdorov'ja detej i podrostkov [Physical development is one of the most important indicators of the health of children and adolescents] / V.N. Kardashenko, E.P. Stromskaya E.P., L.P. Varlamova et al. // Gigiena i sanitarija [Hygiene and sanitation]. - 1980. - No. 10. - P. 33-35 [in Russian]
10. Dietzsch H.J. Epidemiologic and bronchologic aspects of Chronic bronchitis in childhood (author's transl) / H.J. Dietzsch // Padiatr. Padol. № 10(2). -1975. P.176-183.
11. Bubnova N.I. Hronicheskie nespecificheskie zabolevanija ljogkih u detej [Chronic nonspecific lung diseases in children] / N.I. Bubnov // Kletochnaja biologija legkih v norme i pri patologii [Cell biology of the lungs in health and disease]. Ed. V.V. Erokhin, Romanova L.K. M.: Medicine. - 2000. - P. 351-357 [in Russian]
12. Artamonov R.G. Bronhity [Bronchitis] / R.G. Artamonov // Med.nauchnyj i uchebno-metodicheskij zhurnal [Medical scientific and educational-methodical journal]. 42 (4). - 2008. -P. 3-24 [in Russian]
13. Shchetinin M. N. Dyhatel'naja gimnastika A. N. Strel'nikovej [Respiratory gymnastics A. N. Strelnikova] / M. N. Shchetinin. - M.: Metaphor, 2002 - 128 p. [in Russian]
14. Orlova N.V. Fitbol kak sredstvo sohraneniya zdorov'ja i dolgoletija [Fitball as a means of maintaining health and longevity]: method. recommendations for stud. all specials / N.V. Orlova, N.I. Kozlova, G.K. Bazhanov. - Brest: BrSTU. - 2013. - 19 p. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2021.113.11.046>

МОНИТОРИНГ ОХРАНЯЕМЫХ ГРИБОВ РЕСПУБЛИКИ МОРДОВИЯ

Научная статья

Ивойлов А.В.*

Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва, Саранск, Россия

*Корреспондирующий автор (ivoilov.av[at]mail.ru)

Аннотация

В статье изложены результаты мониторинга (с 2007 г.) на стационарных площадках четырёх макромицетов, включённых в Красную книгу Республики Мордовия: *Saproamanita vittadinii*, *Rubinoboletus rubinus*, *Caloboletus radicans*, *Hemileccinum impolatum*. Приведены сведения о количестве обнаруженных плодовых тел макромицетов по годам и срокам наблюдений. Показано, что в результате городского строительства локалитеты мухомора Виттадини были нарушены, и с 2016 г. данный вид не отмечается. Остальные грибы стабильно образовывали плодовые тела в соответствии с метеорологическими условиями летнего сезона. Состояние местонахождений и появление плодовых тел рубиноболета рубинового, болета коренящегося и полубелого гриба можно считать удовлетворительными.

Ключевые слова: грибы-макромицеты, *Saproamanita vittadinii*, *Rubinoboletus rubinus*, *Caloboletus radicans*, *Hemileccinum impolatum*, Республика Мордовия, Красная книга, мониторинг.

MONITORING PROTECTED MUSHROOMS OF THE REPUBLIC OF MORDOVIA

Research article

Ivoilov A.V.*

N.P. Ogarev National Research Mordovian State University, Saransk, Russia

* Corresponding author (ivoilov.av[at]mail.ru)

Abstract

The article presents the results of monitoring (since 2007) at stationary sites of four macromycetes included in the Red Data Book of the Republic of Mordovia: *Saproamanita vittadinii*, *Rubinoboletus rubinus*, *Caloboletus radicans*, *Hemileccinum impolatum*. The information on the number of discovered fruiting bodies of macromycetes by years and periods of observation is given. It is shown that as a result of urban construction, the localities of the fly barefoot amanita were disturbed, and since 2016 this species has not been observed. The rest of the fungi stably formed fruiting bodies in accordance with the meteorological conditions of the summer season. The state of localities and the appearance of fruiting bodies of the ruby boletus ruby, rooting bolete and iodine bolete can be considered satisfactory.

Keywords: macromycete fungi, *Saproamanita vittadinii*, *Rubinoboletus rubinus*, *Caloboletus radicans*, *Hemileccinum impolatum*, the Republic of Mordovia, Red List, monitoring.

Введение

Грибы – важный компонент экосистем, участвующий в круговороте веществ. Они играют существенную роль в состоянии всей биосферы, разлагая всевозможные органические материалы и способствуя образованию плодородных почв [1, С. 13–20], [2, С. 38–45], [3, С. 64–69].

Только в 1988 г. вопрос о включении грибов в списки видов, подлежащих охране, был рассмотрен на совещании Европейского совета по охране грибов (European Council for the Conservation of Fungi, или ECCF), где особое внимание уделялось созданию «красных» списков (Red List), имеющих юридический статус. Особо отмечалось, что региональные «красные» списки должны включать не только исчезающие и находящиеся под угрозой исчезновения виды, но и редкие виды, способные развиваться только в ненарушенных местообитаниях [4, Р. 52–68]. В настоящее время списки грибов, требующих охраны, существуют во многих европейских странах. Количество видов, включенное в «красные» списки в разных государствах, очень неравномерно, что, несомненно, связано со уровнем изученности микобиоты конкретного региона и антропогенным изменением природных экосистем.

В 1988 г. в СССР была издана Красная книга РСФСР, посвященная растениям и грибам, в которую было включено 17 видов макромицетов [5, С. 539–558]. Материалы этой книги с исправлениями и дополнениями вошли в 2008 г. в Красную книгу Российской Федерации, где указаны 30 видов грибов [6, С. 753–782]. Опубликованы региональные Красные книги, созданные в соответствии с нормативно-правовой базой субъекта России в области охраны редких и исчезающих объектов растительного мира. Предполагается, что каждая из них отражает степень уязвимости отдельных видов макромицетов под воздействием, прежде всего, антропогенных факторов, а также уровень изученности различных групп грибов.

Постоянно идущие процессы антропогенной трансформации биосферы и её компонентов приводят к обеднению биоты: изменяются или исчезают не только отдельные виды живых организмов, но и целые сообщества. Это обуславливает необходимость усиления работ по изучению и сохранению животных, растений и грибов. При этом если охране животных и растений уделяется должное внимание, то грибы в этом отношении выступают чаще всего в роли аутсайдера. При существующем положении многие виды макромицетов могут быть безвозвратно утрачены, не будучи даже включёнными в региональные списки грибов. Поэтому контроль состояния популяций редких и исчезающих видов, поиск новых и сохранение существующих мест их обитания считаются основополагающими моментами в охране природы и сохранении биоразнообразия.

Методы исследования

Изучение видового разнообразия макромицетов республики проводили маршрутным и стационарным методами исследований [7, С. 127–172], [8, С. 29–41]. При установлении систематической принадлежности видов макромицетов использовали базу данных Index Fungorum [9] и определители [10], [11]. Морфометрию микроскопических структур проводили в учебной лаборатории Аграрного института Национального исследовательского Мордовского государственного университета им. Н. П. Огарёва по общепринятым методикам [7, С. 150–152], [8, С. 52–59]. Образцы просматривались в 3% КОН при увеличении 640–1 000 крат с использованием микроскопа Микмед 6.

Наблюдения за появлением плодовых тел редких макромицетов (*Saproamanita vittadinii*, *Rubinoletus rubinus*, *Caloboletus radicans*, *Hemileccinum impolitum*) проводили с 2007 г. на стационарных участках в окрестностях пгт. Ялга Октябрьского района г. Саранска Республики Мордовия. Для этого локалитеты посещались ежегодно и неоднократно с интервалом в 2–3 недели до 5–7 дней (в зависимости от метеорологических условий), а данные учетов и наблюдений фиксировались [12, С. 17–25].

Основные результаты

Изучение макромицетов Республики Мордовия насчитывает более 80 лет. Его начало было положено исследованиями Н.И. Кузнецова в 1936–1939 гг. и сотрудницы БИНа Т.Л. Николаевой в 1937 г. на территории Мордовского государственного природного заповедника им. П.Г. Смидовича. Данные этих сборов были использованы при составлении списка видов флоры заповедника, который включал на тот момент 186 макромицетов, в т.ч. 65 афиллофороидных грибов [13, С. 71–128]. Они также вошли в отечественные монографии и определители [14], [15], [16]. Позднее, в 50-х гг. XX века, В.Я. Частухиным был составлен список макромицетов заповедника, который включал 197 таксонов, из них 62 афиллофороидных [17, С. 90–115].

Планомерное изучение микофлоры республики началось после издания Красной книги Республики Мордовия [18, С. 255–266]. Её выход стал стимулом для дальнейших микологических изысканий в регионе. Так, были проведены дополнительные исследования афиллофороидных грибов Мордовского заповедника [19].

При проведении полевых работ предпочтение было отдано маршрутным методам исследований. Они проводились, главным образом, в лесных сообществах, реже – на лугах, пастбищах и рудеральных местообитаниях. Были выявлены новые для республики виды, проведен мониторинг и отмечены новые местонахождения для уже известных редких грибов, а также изменен статус редкости для некоторых из них. В настоящее время в Мордовии зафиксировано около 600 видов грибов (не считая лишенизированных) с крупными плодовыми телами, из них более 100 видов редкие не только для республики, но и для многих регионов Российской Федерации [20, С. 16–20]. Во 2-е издание Красной книги Республики Мордовия включены 59 видов грибов, в т. ч. 35 видов макромицетов (5 представителей сумчатых грибов – *Ascomycota* и 30 базидиальных – *Basidiomycota*) и 24 вида лишайников [21, С. 259–336]. Пять таксонов – *Saproamanita vittadinii* (Moretti) Redhead, Vizzini, Drehmel & Contu, *Rubinoletus rubinus* (W.G. Sm.) Pilát & Dermek, *Ganoderma lucidum* (Curtis) P. Karst., *Grifola frondosa* (Dicks.) Gray и *Polyporus umbellatus* (Pers.) Fr. – входят в Красную книгу Российской Федерации [6, С. 760–761, 766–767, 769–770, 776–779].

Сведения о состоянии отдельных видов охраняемых грибов республики приведены ниже.

1. Мухомор Виттадини – *Saproamanita vittadinii* (Moretti) Redhead, Vizzini, Drehmel & Contu (= *Amanita vittadinii* (Moretti) Vittad.) (рис. 1).



Рис. 1 – Мухомор Виттадини – *Saproamanita vittadinii* (Moretti) Redhead, Vizzini, Drehmel & Contu (26. 07. 2007 г.)

Примечание: фото автора

Вид впервые отмечен в Республике Мордовия в 2007 г. (26 07) в пгт. Ялга ГО Саранск на почве вблизи хозяйственных построек жителей поселка [22, С. 110–111]. На участке площадью 8–9 м² были найдены 4 плодовых тела, в 2008 г (20 07) – 2, в 2009 г. (11 08), 2011 г. (16 09), 2012 г. (15 09) и 2013 г. (08 08) – по одному плодовому телу

(HNMR 10011, 10121, 10156). В 2010, 2014 и 2015 гг. гриб не был обнаружен. В 2013 г. (04 09) найдено два плодовых тела в 200 м западнее первого местонахождения. В 2016 г. (03 08) отмечено третье местонахождение макромикета – в 450–500 м юго-западнее первого месторасположения (найдено одно плодовое тело). После 2016 г. плодовые тела не наблюдались, так как этих местонахождениях началось строительство многоквартирных домов. Новых локалитетов этого вида в пределах Мордовии не отмечено.

2. Рубиноболет рубиновый – *Rubinoboletus rubinus* (W.G. Sm.) Pilát & Dermek (рисунок 2).



Рис. 2 – Рубиноболет рубиновый – *Rubinoboletus rubinus* (W.G. Sm.) Pilát & Dermek (20. 08. 2020 г.)

Примечание: фото автора

В Мордовии известно одно местонахождение. Вид впервые отмечен в республике в 2012 г. (30 08) на окраине лесного массива с *Quercus robur* L., *Tillia cordata* Mill., *Acer platanoides* L. и с подлеском из *Euonymus verrucosa* Scop. и *Caragana arborescens* Lam. западнее пос. Ялга ГО Саранск (кв. 263 Саранского лесничества) среди лесной подстилки на почве [23, С. 67–71]. Были найдены 3 плодовых тела (из них два сросшихся, LE 311889), в 2013 г. (04 09) – 5, в 2014 г. (15 09) – 1, в 2015 г. (29 08) – 4, в 2016 г. (15 08) – 13 (LE 314971, 314976), (02 09) – 3 экземпляра (LE 314972). В 2017 и 2018 гг. плодовые тела в этом локалитете не были отмечены. В 2019 г. в 2 срока были найдены 7 плодовых тел: (20 08) – 4 экз., которые росли поодиночке на площади около 40 м², (29 08) – 3 экз., росшие группой, в 2020 г. – 2 экз. (20 08).

3. Более коренящийся – *Caloboletus radicans* (Pers.) Vizzini (= *Boletus radicans* Pers.) (рисунок 3).



Рис. 3 – Более коренящийся – *Caloboletus radicans* (Pers.) Vizzini (06. 09. 2020 г.)

Примечание: фото автора

Известен один локалитет в республике. Вид впервые отмечен в 2015 г. (03 09) на окраине лесного массива западнее пос. Ялга ГО Саранск (кв. 263 Саранского лесничества) на почве среди лесной подстилки [24, С. 427–432]. Было найдено одно плодовое тело (LE 314970). В 2016 г. (02 09) 9 плодовых тел (LE 314981), в 2017 г. там же в два срока (12 09 и 28 09) на площади около 4 м² найдены 13 экз. (5 и 8 шт. соответственно). Мониторинг местонахождения в 2018 г. был безрезультатным. В 2019 г. местонахождение гриба обследовалось неоднократно: 09 08 были найдены 2 старых экз., изъеденных личинками грибных мух, 20 08 на площади около 50 м² – 20 плодовых тел массой от 14 до 110 г, росшие группами по 3–5 шт., 29 08 – 11 экз. В 2020 г. 26 07 были найдены 3 экз., 20 08 – 2 экз., через 17 дней (06 09) – 7 плодовых тел.

4. Полубелый гриб – *Hemileccinum impolitum* (Fr.) Šutara (= *Boletus impolitus* Fr.) (рисунок 4). Локалитеты этого макромикета отмечены в Инсарском (1 местонахождение), Кочкуровском (3), Чамзинском (1) и Рузаевском (1) районах Республики Мордовия, в окрестностях г. Саранск (2 местонахождения; HMNR 10080). В 2018 г. (18 08) было отмечено новое месторасположение данного вида на окраине лесного массива западнее пос. Ялга ГО Саранск (кв. 263 Саранского лесничества), на котором были найдены 2 плодовых тела. В 2019 г. 15 07 там же были найдены 4 экз., 29 08 в процессе мониторинга на площади 1 м² были обнаружены 3 плодовых тела, позднее (26 09) – 1 экз. В 2020 г. 26 07 и 20 08 было найдено по одному плодовому телу, 25 08 – 2 экз., 06 09 – 7 экз.



Рис. 4 – Полубелый гриб – *Hemileccinum impolitum* (Fr.) Šutara (15. 07. 2019 г.)

Примечание: фото автора

Заключение

Таким образом, за весь период наблюдений состояние локалитетов и появление плодовых тел *Rubinoboletus rubinus*, *Caloboletus radicans* и *Hemileccinum impolitum* можно считать удовлетворительными. Местонахождение *Saproamanita vittadinii* попало под городскую застройку, и с 2016 г. данный вид не отмечается. Это свидетельствует о том, что для охраны редких грибов необходимо прежде всего сохранять их места обитания.

Мониторинг местонахождений редких макромикетов будет продолжен.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Каратыгин И.В. Грибы и их роль в эволюции экосистем / И.В. Каратыгин // Ботанический журнал. – 1994. – Т. 79, № 2. – С. 13–20.
2. Дьяков Ю.Т. Грибы и их значение в жизни природы и человека / Ю.Т. Дьяков // Соревский образовательный журнал. – 1997. – № 3. – Биология. – С. 38–45.
3. Мухин В.А. Грибы и их роль в природе и в развитии цивилизации / В.А. Мухин // Известия Уральского государственного университета. – 1999. – № 12. – С. 64–69.
4. Arnolds E. Conclusions of the First Meeting of the European Committee on the Protection of fungi / E. Arnolds, A.E. Jansen // Conservation of Fungi and other Cryptogams in Europe. – Lodz, 1991. – P. 52–68.
5. Красная книга РСФСР (растения) / АН СССР, Ботан. ин-т им. В.Л. Комарова и др.; [Гл. редкол.: А.Л. Тахтаджян (отв. ред.) и др.]. – М. : Росагропромиздат, 1988. – 591 с.
6. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы) / Гл. редкол.: Ю.П. Трутнев и др.; Сост. Р.В. Камелин и др. – М. : Товарищество научных изданий КМК, 2008. – 855 с.

7. Lodge D.J. Terrestrial and lignicolous macrofungi / D. J. Lodge, J. F. Ammirati, T. E. O'Dellet al. // Biodiversity of Fungi. Inventory and Monitoring Methods. – Burlington : Academic Press, 2004. – P. 127–172.
8. Ивойлов А.В. Изучение видового разнообразия макромицетов / А.В. Ивойлов, С.Ю. Большаков, Т.Б. Силаева ; под общ. ред. А.Е. Коваленко и О.В. Морозовой. – Саранск : Изд-во Мордов. ун-та, 2017. – 160 с.
9. Index Fungorum [Электронный ресурс] – URL : <http://www.indexfungorum.org> (дата обращения 10.07.2021).
10. Грибы. Большая энциклопедия / В. Антонин, В. Котлаба, З. Клузак и др. ; пер. с чеш. / науч. ред. В.П. Прохоров. – М. : ЗАО Издат. дом Ридерз Дайджест, 2012. – 368 с.
11. Грибы России. Большая иллюстрированная энциклопедия. – Вильнюс : UAB «Bestiary», 2012. – 224 с.
12. Бурова Л.Г. Экология грибов-макромицетов / Л.Г. Бурова ; отв. ред. М.В. Горленко. – М. : Наука, 1986. – 224 с.
13. Кузнецов Н.И. Флора грибов, лишайников, мхов и сосудистых растений Мордовского заповедника / Н.И. Кузнецов // Труды Мордовского государственного заповедника им П. Г. Смидовича. – Вып. I. – Саранск : Мордов. кн. изд-во. 1960. – С. 71–128.
14. Бондарцев А.С. Трутовые грибы Европейской части СССР и Кавказа / А.С. Бондарцев. – М. ; Л. : Изд-во АН СССР, 1953. – 1106 с.
15. Николаева Т.Л. Флора споровых растений СССР. Т. VI. Ежевиковые грибы / Т.Л. Николаева. – М. ; Л. : Изд-во АН СССР, 1964. – 433 с.
16. Бондарцева М.А. Определитель грибов России. Порядок афиллофоровые. Вып. 2. Семейства альбатрелловые, апорпиевые, болетопсиевые, бондарцевиевые, ганодермовые, кортициевые (виды с порообразным гименофором), лахнокладиевые (виды с трубчатым гименофором), полипоровые (роды с трубчатым гименофором), пориевые, ригидопоровые, феоловые, фистулиновые / М.А. Бондарцева. – СПб. : Наука, 1998. – 391 с.
17. Частухин В.Я. Флора грибов Мордовского государственного заповедника / В.Я. Частухин // Вестник Мордовского университета. Сер. «Биологические науки». – 2011. – № 4. – С. 90–115.
18. Красная книга Республики Мордовия. В 2 т. Т. 1: Редкие виды растений, лишайников и грибов / сост. Т.Б. Силаева. – Саранск: Мордов. кн. изд-во, 2003. – 288 с.
19. Большаков С.Ю. Афиллофороидные грибы Мордовского заповедника (аннотированный список видов) / С.В. Большаков / под ред. И.В. Змитровича. – М. : [б. и.], 2015. – 44 с. – [Флора и фауна заповедников. Вып. 123].
20. Ивойлов А.В. История изучения и предварительная оценка видового богатства макромицетов Республики Мордовия / А.В. Ивойлов // Структура, динамика и функционирование природно-социально-производственных систем: наука и практика : сборник научных трудов. – Саранск : Изд-во Мордов. ун-та, 2019. – С. 16–20.
21. Красная книга Республики Мордовия. В 2 т. Т. 1 : Редкие виды растений и грибов. Изд. 2-е, перераб. и доп. / сост. Т.Б. Силаева. – Саранск : Изд-во Мордов. ун-та, 2017. – 409 с.
22. Ивойлов А.В. *Amanita vittadinii* в Республике Мордовия / А.В. Ивойлов // Современная микология в России. – Т. 3. – М. : Национальная академия микологии, 2012. – С. 110–111.
23. Ивойлов А.В. О новой находке *Rubinoboletus rubinus* в России / А.В. Ивойлов, С.Ю. Большаков // Известия Самарского научного центра РАН. – 2015. – № 17 (4). – С. 67–71.
24. Ивойлов А.В. *Caloboletus radicans* (Pers.) Vizzini. (*Boletaceae*) в Республике Мордовия / А.В. Ивойлов // Известия Самарского научного центра РАН. – 2018. – Т. 20, № 5 (3). – С. 427–432.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Karatygin I.V. Griby i ikh rol v evolyutsii ekosistem [Fungi and their role in the evolution of ecosystems] / I.V. Karatygin // Botanicheskiy zhurnal. – 1994. – Vol. 79, № 2. – P. 13–20. [in Russian]
2. Dyakov Yu.T. Griby i ikh znachenie v zhizni prirody i cheloveka [Mushrooms and their significance in the life of nature and man] / Yu.T. Dyakov // Sorovskiy obrazovatelnyy zhurnal. – 1997. – № 3. – Biologiya. – P. 38–45. [in Russian]
3. Mukhin V.A. Griby i ikh rol v prirode i v razvitii tsivilizatsii [Mushrooms and their role in nature and in the development of civilization] / V.A. Mukhin // Izvestiya Uralskogo gosudarstvennogo universiteta. – 1999. – № 12. – P. 64–69. [in Russian]
4. Arnolds E. Conclusions of the First Meeting of the European Committee on the Protection of fungi / E. Arnolds, A.E. Jansen // Conservation of Fungi and other Cryptogams in Europe. – Lodz, 1991. – P. 52–68.
5. Krasnaya kniga RSFSR (rasteniya) [Red Book of the RSFSR (plants)] / AN SSSR, Botan. in-t im. V.L. Ko-marova et al.; A.L. Takhtadzhyan (ed.) et al. – M. : Rosagro-promizdat, 1988. – 591 p. [in Russian]
6. Krasnaya kniga Rossiyskoy Federatsii (rasteniya i griby) [The Red Book of the Russian Federation (plants and fungi)] / Gl. redkoll.: Yu.P. Trutnev et al.; Sost. R.V. Kamelin et al. – M. : Tovarishestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2008. – 855 p. [in Russian]
7. Lodge D.J. Terrestrial and lignicolous macrofungi / D. J. Lodge, J. F. Ammirati, T. E. O'Dellet al. // Biodiversity of Fungi. Inventory and Monitoring Methods. – Burlington : Academic Press, 2004. – P. 127–172.
8. Ivoilov A.V. Izuchenie vidovogo raznoobraziya makromitsetov [Study of the species diversity of macromycetes] / A.V. Ivoilov, S.Yu. Bolshakov, T.B. Silaeva; edited by A.Ye. Kovalenko, O.V. Morozovoy. – Saransk : Publ. House of Mordov. unta, 2017. – 160 p. [in Russian]
9. Index Fungorum [Electronic resource] – URL : <http://www.indexfungorum.org> (accessed 10.07.2021).
10. Griby. Bolshaya entsiklopediya [Mushrooms. Great encyclopedia] / V. Antonin, V. Kotlaba, Z. Kluzak, V. Ostry, P. Shkubla, I. Vesely; per. s chesh. / ed. V.P. Prokhorov. – M. : ZAO Publ. House Riderz Daydzhest, 2012. – 368 p. [in Russian]
11. Griby Rossii. Bolshaya illyustrirovannaya entsiklopediya. [Mushrooms of Russia. Great Illustrated Encyclopedia]. – Vilnyus : UAB «Bestiary», 2012. – 224 p. [in Russian]
12. Burova L.G. Ekologiya gribov-makromitsetov [Ecology of Macromycete Fungi] / L.G. Burova ; ed. M.V. Gorlenko. – M. : Nauka, 1986. – 224 p. [in Russian]

13. Kuznetsov N.I. Flora gribov, lishaynikov, mkhov i sosudistyykh rasteniy Mordovskogo zapovednika [Flora of mushrooms, lichens, mosses and vascular plants of the Mordovian Reserve] / N.I. Kuznetsov // Trudy Mordovskogo gosudarstvennogo zapovednika im P. G. Smidovicha. [Works of the Mordovian State Reserve named after P.G.Smidovich]. – Issue. I. – Saransk : Mordov. Publ. House. 1960. – P. 71–128. [in Russian]
14. Bondartsev A.S. Trutovye griby Yevropeyskoy chasti SSSR i Kavkaza [Polypore mushrooms of the European part of the USSR and the Caucasus] / A.S. Bondartsev. – M. ; L. : Publ. House AN SSSR, 1953. – 1106 p. [in Russian]
15. Nikolaeva T.L. Flora sporovykh rasteniy SSSR. T. VI. Yezhovikovye griby [Flora of spore plants of the USSR. Vol. VI. Hericium mushrooms] / T.L. Nikolaeva. – M. ; L. : Publ. House AN SSSR, 1964. – 433 p. [in Russian]
16. Bondartseva M.A. Opredelitel gribov Rossii. Poryadok afilloforovye. Vyp. 2. Semeystva albatrellovye, aporpievye, boletopsievye, bondartsevievye, ganodermovye, kortitsievye (vidy s poroobraznym gimenoforom), lakhnokladievye (vidy s trubchatym gimenoforom), poliporovye (rody s trubchatym gimenoforom), porievye, rigidoporovye, feolovye, fistulinovye [Keys to mushrooms of Russia. The order is aphyllorphoric] / M.A. Bondartseva. – SPb. : Nauka, 1998. – 391 p. [in Russian]
17. Chastukhin V.Ya. Flora gribov Mordovskogo gosudarstvennogo zapoved-nika [Flora Mushroom Mordovia State Reserve] / V.Ya. Chastukhin // Vestnik Mordovskogo universiteta. Ser. «Biologicheskie nauki» [Bulletin of the Mordovian University. Series, Biological Sciences]. – 2011. – № 4. – P. 90–115. [in Russian]
18. Krasnaya kniga Respubliki Mordoviya.: Redkie vidy rasteniy, lishaynikov i gribov [Red Data Book of the Republic of Mordovia. In 2 v. Vol. 1 : Rare species of plants and fungi] / T.B. Silaeva. – Saransk : Mordov. Publ. House, 2003. – 288 p. [in Russian]
19. Bolshakov S.Yu. Afilloforoidnye griby Mordovskogo zapovednika (annotirovannyi spisok vidov) [Aphyllorphoroid fungi of the Mordovian nature reserve (annotated list of species)] / S.V. Bolshakov / ed. I.V. Zmitrovicha. – M. : , 2015. – 44 p. – [Flora and fauna of reserves. Issue. 123]. [in Russian]
20. Ivoilov A.V. Istoriya izucheniya i predvaritelnaya otsenka vidovogo bogatstva makromitsetov Respubliki Mordoviya [History of the study and preliminary assessment of the species richness of macromycetes in the Republic of Mordovia] / A.V. Ivoilov // Struktura, dinamika i funktsionirovanie prirodno-sotsialno-proizvodstvennykh sistem: nauka i praktika : sbornik nauchnykh trudov. – Saransk : Publ. House Mordov. un-ta, 2019. – P. 16–20. [in Russian]
21. Krasnaya kniga Respubliki Mordoviya.: Redkie vidy rasteniy i gribov. [Red Data Book of the Republic of Mordovia. In 2 v. Vol. 1 : Rare species of plants and fungi] / T.B. Silaeva. – Saransk : Publ. House Mordov. un-ta, 2017. – 409 p. [in Russian]
22. Ivoilov A.V. Amanita vittadinii v Respublike Mordoviya [*Amanita vittadinii* in the Republic of Mordovia] / A.V. Ivoilov // Sovremennaya mikologiya v Rossii. – Vol. 3. – M. : Natsionalnaya akademiya mikologii, 2012. – P. 110–111. [in Russian]
23. Ivoilov A.V. O novoy nakhodke Rubinoboletus rubinus v Rossii [About a new find of *Rubinoboletus rubinus* in Russia] / A.V. Ivoilov, S.Yu. Bolshakov // Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN [Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences]. – 2015. – № 17 (4). – P. 67–71. [in Russian]
24. Ivoilov A.V. Caloboletus radicans (Pers.) Vizzini. (Boletaceae) v Res-publike Mordoviya [*Caloboletus radicans* (Pers.) Vizzini. (Boletaceae) in the Republic of Mordovia] / A.V. Ivoilov // Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN [Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences]. – 2018. – Vol. 20, № 5 (3). – P. 427–432. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2021.113.11.047>

ОЦЕНКА ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОСРЕДСТВОМ БИОИНДИКАЦИИ В ЮГО-ВОСТОЧНОМ ПРОМЫШЛЕННОМ РАЙОНЕ Г. ОМСКА

Научная статья

Кубрина Л.В.*

ORCID: 0000-0002-0538-3819,

Омский государственный педагогический университет, Омск, Россия

* Корреспондирующий автор (kubrina-lyudmila[at]mail.ru)

Аннотация

Состояние окружающей среды прямым образом влияет на определенные процессы в растительных организмах. В статье рассматривается вопрос применения показателя флуктуирующей асимметрии для оценки состояния окружающей среды. Основное внимание при диагностике состояния биоиндикаторов уделяется листьям растений, так как именно они определяют рост остальных структур растительного организма. В результате применения методики оценки качества среды по флуктуирующей асимметрии березы повислой (*B.pendula Roth.*), было проведено изучение морфометрических параметров исследуемого объекта, которое позволило определить состояние среды в юго-восточном промышленном районе города Омска. На всех экспериментальных участках, исключая контрольную точку, качество окружающей среды не соответствовало условным стандартам и характеризовалось как «критическое».

Ключевые слова: флуктуирующая асимметрия, биоиндикатор, загрязнению.

AN ASSESSMENT OF ANTHROPOGENIC POLLUTION BY BIOINDICATION IN THE SOUTH-EASTERN INDUSTRIAL DISTRICT OF OMSK

Research article

Kubrina L.V.*

ORCID: 0000-0002-0538-3819,

Omsk State Pedagogical University, Omsk, Russia

* Corresponding author (kubrina-lyudmila[at]mail.ru)

Abstract

The state of the environment directly affects certain processes in plants. The article explores the issue of using the fluctuating asymmetry indicator to assess the state of the environment. The main attention in the diagnosis of the state of bioindicators is paid to the leaves of plants since they determine the growth of other structures of the plant organism. As a result of the application of the methodology for assessing the quality of the environment via the fluctuating asymmetry of silver birch (*B.pendula Roth.*), the morphometric parameters of the object under study were studied, which made it possible to determine the state of the environment in the south-eastern industrial district of the city of Omsk. Aside from the control point, the environmental quality did not meet conditional standards and was characterized as "critical" across all experimental sites.

Keywords: fluctuating asymmetry, bioindicator, pollution.

Введение

Одним из удобных и малозатратных способов оценки интенсивности антропогенного воздействия является метод флуктуирующей асимметрии [1], [5]. С помощью этого метода можно оценить качество городской или иной среды. Изучение морфологических параметров листьев березы повислой (*Betula pendula Roth.*) позволяет проводить мониторинг как на больших территориях, так и на малых [2], [4], [7]. Например, оценить влияние загруженности автотранспорта на магистрали на прилегающую зону или определить, в каком состоянии находится природная среда участка, расположенного вблизи промышленных предприятий. Индикаторные растения могут указать на содержание в почве или же в воздухе поллютантов, благодаря быстрым морфофизиологическим реакциям: изменяется цвет листьев (может образоваться хлороз; проявление желто-оранжевой или бронзовой окраски); появляются некрозы, увядает и опадает листва раньше времени [6], [9].

Цель исследований - анализ флуктуирующей асимметрии листьев березы повислой для оценки техногенного загрязнения на месте их произрастания.

Методы и принципы исследования

Сбор материала был проведен после остановки роста листьев в четырех точках, три из которых находились в юго-восточном промышленном районе города Омска, а именно в Октябрьском округе вблизи предприятий.

Сбор материала с четвертой точки производился в с. Чернолучье, ул. Курортная «Русский лес». Листья были собраны из нижней части кроны дерева с максимального количества доступных веток равномерно вокруг дерева. Площадки отбора материалов.

1. Остановка «Кислородный завод» (напротив хозяйственных корпусов филиала «ОМО им. П.И. Баранова»);

2. Остановка «Ул. 4-я Транспортная» (напротив хозяйственных корпусов ПО «Полет»);

3. Остановка «Пос. Кордный» (напротив производственных корпусов ПАО «Омскшина»);

4. с. Чернолучье, ул. Курортная «Русский лес» - контрольная точка. Выбрана в пригородной зоне, вдали от магистралей, не вовлеченную в хозяйственную деятельность.

Для определения морфометрических параметров каждый были измерены пять стандартных признака (с левой и с правой стороны листа):

- ширина левой и правой половинок листа;

- длина жилки второго порядка, второй от основания листа;
- расстояние между основаниями первой и второй жилок второго порядка;
- расстояние между концами этих жилок;
- угол между главной жилкой и второй от основания листа жилкой второго порядка.

Оценку отклонений состояния организмов от условной нормы (таблица 1) выполняли в соответствии с рекомендациями [3].

Таблица 1 – Пятибалльная шкала оценки отклонений состояния организма от условной нормы по величине интегрального показателя стабильности развития для березы повислой (*Betula pendula* Roth.)

Балл	Величина показателя стабильности развития	Значение стабильности развития
1	< 0,040 (условная норма)	Стабильное
2	0,040–0,044	Незначительное отклонение
3	0,045–0,049	Средний уровень отклонения
4	0,050–0,054	Значительное отклонение
5	> 0,054 (сильное, экстремальное)	Критическое состояние

В юго-восточный промышленный район города Омска входит Октябрьский административный округ, расположенный на правом берегу реки Иртыш. Он занимает площадь до 6300 га и граничит с Ленинским и Центральным округами [3].

Основная деятельность округа связана с промышленностью. Именно поэтому здесь повышенное значение загрязняющих веществ [8], [10]. На территории округа расположено несколько крупных предприятий: Филиал «ОМО им. П.И. Баранова» ФГУП «НПЦ Газотурбостроение «Салют», ОАО «Омскшина», ПО «Полет» филиал ФГУП ГК НПЦ им. М.В. Хруничева», ОАО «Сибирские приборы и системы», ОАО «Омский завод технического углерода», ОАО «Центральное конструкторское бюро автоматики», ОАО «Омский научно-исследовательский институт приборостроения», ЗАО «Завод сборного железобетона № 6», ОАО «Автогенный завод», ФГУП НПП «Прогресс», ЗАО «Завод розлива минеральной воды «Омский» и др.

Основные результаты

В таблице 2 представлено средние результаты морфологических признаков листьев березы повислой.

Таблица 2 – Среднее значение исследуемых признаков в выборках березы повислой (*Betula pendula* Roth)

Признак	Площадки сбора материала			
	Остановка «Кислородный завод»	Ост.«ул.4-я Транспортная»	Ост.«Пос. Кордный»	с.Чернолуцье, санаторий «Русский лес»
Ширина листовой пластинки справа	21,8±4,48	22,83±4,08	21,18±4,69	16,45±3,56
Ширина листовой пластинки слева	21,8±4,54	22,62±4,15	21,05±4,81	18,75±5,49
Длина 2-ой жилки 2-го порядка справа	32,31±6,15	32,57±5,16	31,49±5,65	26,99±5,56
Длина 2-ой жилки 2-го порядка слева	31,88±5,66	31,99±4,59	31,46±5,29	27,24±6,33
Расстояние между основаниями 1-й и 2-й жилок справа.	5,23±1,5	5,86±1,89	4,68±1,91	4,97±1,97
Расстояние между основаниями 1-й и 2-й жилок слева.	5,14±1,58	5,63±1,76	4,37±1,75	4,62±1,78
Расстояние между концами 1-й и 2-й жилок справа.	12,65±2,9	12,79±2,85	12,18±3,1	10,45±2,63
Расстояние между концами 1-й и 2-й жилок слева.	12,51±2,56	12,2±2,75	12,27±2,83	10,49±2,52
Угол между главной и 2-й жилкой справа	38,25±8,48	40,63±10,39	43,46±6,33	48,64±5,99
Угол между главной и 2-й жилкой слева	39,1±8,64	40,98±11,14	43,39±6,67	49,67±6,57

Определение интегрального показателя стабильности развития березы повислой (*Betula pendula* Roth) дает нам относительную оценку качества среды на выбранных участках [3]. Полученные результаты отражены в таблице 3 и на рисунке 1.

Таблица 3 – Интегральный показатель асимметрии березы повислой

Признак	Площадки сбора материала			
	Остановка «Кислородный завод»	Ост.«ул.4-я Транспортная»	Ост.«Пос. Кордный»	с.Чернолучье, санаторий «Русский лес»
Интегральный показатель асимметрии	0,058	0,059	0,063	0,051
Балл состояния	5	5	5	4
Качество среды	Критическое состояние	Критическое состояние	Критическое состояние	Значительное отклонение

Как видно из таблицы 3, в контрольной точке качество среды имеет категорию «значительное отклонение». По остальным точкам представлено - как «критическое состояние».

Наглядно данные интегрального показателя асимметрии представлено на рисунке 1.

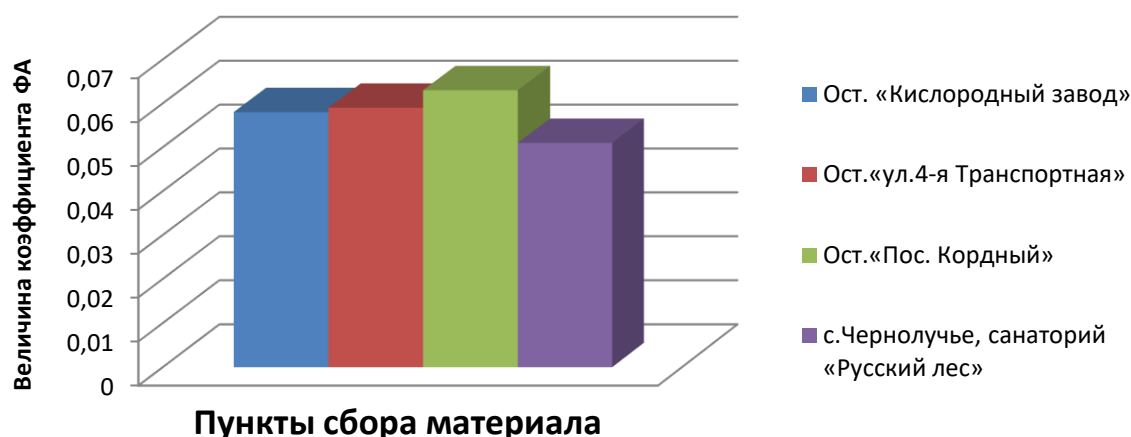


Рис. 1 – Величина флуктуирующей асимметрии в точках отбора материала

Как показывают данные, в юго-восточном промышленном районе города Омска интегральный показатель флуктуирующей асимметрии свидетельствует о критическом состоянии среды. Показатель асимметричности на первом выбранном участке, находящийся в непосредственной близости с хозяйственными корпусами филиала «ОМО им. П.И. Баранова», равен 0,058. Напротив хозяйственных корпусов ПО «Полет» этот показатель равен 0,059, а другая точка, расположенная напротив производственных корпусов ПАО «Омскшина» имеет показатель 0,063.

Для сравнения показателей была взята другая точка, не расположенная в юго-восточном промышленном районе города Омска. Это контрольная точка, которая находится за пределами г. Омска, в с. Чернолучье, санаторий «Русский лес». Результаты показали, что в с. Чернолучье степень загрязнения воздуха ниже, чем в ОАО г. Омска, однако интегральный показатель флуктуирующей асимметрии равен 0,051, что свидетельствует о категории качества среды «значительное отклонение».

Заключение

Применяя методику оценки качества среды по флуктуирующей асимметрии березы повислой (*B.pendula* Roth.), было проведено исследование морфометрических параметров исследуемого объекта, которое позволило определить состояние среды в юго-восточном промышленном районе города Омска. На всех экспериментальных участках, исключая контрольную точку, качество окружающей среды не соответствовало условным стандартам и характеризовалось как «критическое».

Показатель асимметричности на первом участке, находящийся в непосредственной близости с хозяйственными корпусами филиала «ОМО им. П.И. Баранова», равен 0,058. Напротив хозяйственных корпусов ПО «Полет» этот показатель равен 0,059, точка, расположенная напротив производственных корпусов ПАО «Омскшина» имеет показатель 0,063, а в фоновой точке интегральный показатель флуктуирующей асимметрии равен 0,051.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Аношкина Л. В. Оценка качества среды методом флуктуирующей асимметрии древесных растений / Л. В. Аношкина, О.А. Пузанова, А.В. Смирнова. [Электронный ресурс]. – URL: http://www.science-bsea.bgita.ru/2011/les_2011/anoshkina_ocenka.htm (дата обращения 27.10.2021)
2. Дьяченко Г.И. Мониторинг среды обитания : учеб.-метод. Пособие / Г.И. Дьяченко.-Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2014. - 40 с.

3. Захаров В.М. Здоровье среды: методика оценки / В.М. Захаров, А.С. Баранов и др. – М.: Центр экологической политики России, 2000. – 68 с.
4. Зорина А. А. Техногенная и широтная изменчивость величины асимметрии Березы повислой и пушистой / А. А. Зорина // Проблемы региональной экологии. 2019. № 1. С. 21-29.
5. Козлов М. В. Исследования флуктуирующей асимметрии растений в России: мифология и методология / М. В. Козлов // Экология. 2017. № 1. С. 3-12.
6. Кубрина Л.В. Изучение флуктуирующей асимметрии листьев березы повислой (*Betula pendula* R.) для оценки качества среды в центральном административном округе г. Омска / Л.В. Кубрина, К.Э. Ахметова // Экологизация сфер жизни общества и общественного сознания: проблемы и перспективы: сборник статей. Омская гуманитарная академия. 2018. С. 70-73.
7. Кубрина Л.В. Флуктуирующая асимметрия листьев березы повислой (*Betula pendula* R.) как показатель качества воздуха в центральном административном округе г. Омска / Л.В. Кубрина, Е.А. Супиниченко // Экологические проблемы региона и пути их разрешения: материалы XII Международной научно-практической конференции. 2018. С. 17-20.
8. Таратоненкова М.А. Использование метода флуктуирующей асимметрии для оценки степени загрязнения воздуха модельных площадок парка Царицыно. / М.А. Таратоненкова, М.А. Ломсков. // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. Научно-практический журнал. – 2020. № 1. 42-47 с.
9. Чернакова, О. В. Сезонные изменения показателей флуктуирующей асимметрии листьев древесных пород на урбанизированной территории / Г. В. Чудновская, О. В. Чернакова // Вестник ИрГСХА. – 2019. - № 93. - С. 103-112.
10. Чудновская Г.В. Использование флуктуирующей асимметрии листьев *Betula pendula* Roth для оценки экологического состояния территории г. Иркутска / Г.В. Чудновская, О.В. Чернакова // Вестник ИрГСХА. 2018. № 89. С. 96-104.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Anoshkina L. V. Ocenka kachestva sredy metodom fluktuirujushhej asimmetrii drevesnyh rastenij [Assessment of environmental quality by the method of fluctuating asymmetry of woody plants] / L. V. Anoshkina, O.A. Puzanova, A.V. Smirnova. [Electronic resource]. - URL: http://www.science-bsea.bgita.ru/2011/les_2011/anoshkina_ocenka.htm (accessed 27.10.2021) [in Russian]
2. Dyachenko G.I. Monitoring sredy obitaniya [Habitat monitoring : studies].- method. stipend. - Novosibirsk: NSTU Publishing House, 2014. - 40 p. [in Russian]
3. Zakharov V.M. Zdorov'e sredy: metodika ocenki [Environmental health: assessment methodology] / V.M. Zaharov, A.S. Baranov et al. - Moscow: Center for Environmental Policy of Russia, 2000. - 68 p. [in Russian]
4. Zorina A. A. Tehnogennaja i shirot'naja izmenchivost' velichiny asimmetrii Berezy povisloj i pushistoj [Technogenic and latitudinal variability of the asymmetry of the hanging and fluffy birch] / A. A. Zorina // Problemy regional'noj jekologii [Problems of regional ecology]. 2019. No. 1. pp. 21-29. [in Russian]
5. Kozlov M. V. Issledovaniya fluktuirujushhej asimmetrii rastenij v Rossii [Studies of fluctuating asymmetry of plants in Russia: mythology and methodology] / M. V. Kozlov // Jekologija [Ecology]. 2017. No. 1. pp. 3-12. [in Russian]
6. Kubrina L.V. Izuchenie fluktuirujushhej asimmetrii list'ev berezy povisloj (*Betula pendula* R.) dlja ocenki kachestva sredy v central'nom administrativnom okruge g. Omska [Study of fluctuating asymmetry of hanging birch leaves (*Betula pendula* R.) to assess the quality of the environment in the central administrative district of Omsk] / L.V. Kubrina, K.E. Ahmetova // Jekologizacija sfer zhizni obshhestva i obshhestvennogo soznaniya: problemy i perspektivy [Ecologization of the spheres of life of society and public consciousness: problems and prospects]: collection of articles. Omsk Humanitarian Academy. 2018. pp. 70-73. [in Russian]
7. Kubrina L.V. Fluktuirujushhaja asimmetrija list'ev berezy povisloj (*Betula pendula* R.) kak pokazatel' kachestva vozduha v central'nom administrativnom okruge g. Omska [Fluctuating asymmetry of hanging birch leaves (*Betula pendula* R.) as an indicator of air quality in the central administrative district of Omsk] / L.V. Kubrina, E.A. Supinichenko // Jekologicheskie problemy regiona i puti ih razreshenija: materialy XII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii [Ecological problems of the region and ways to solve them: materials of the XII International Scientific and Practical Conference]. 2018. pp. 17-20. [in Russian]
8. Taratonenkova M.A. Ispol'zovanie metoda fluktuirujushhej asimmetrii dlja ocenki stepeni zagrjaznenija vozduha model'nyh ploshhadok parka Caricyno [Using the method of fluctuating asymmetry to assess the degree of air pollution of model sites of the Tsaritsyno Park] / M.A. Taratonenkova, M.A. Lomskov. // Veterinarija, zootehnija i biotehnologija. Nauchno-prakticheskij zhurnal [Veterinary medicine, animal science and biotechnology. Scientific and practical journal]. - 2020. No. 1. 42-47 p. [in Russian]
9. Chernakova, O. V. Sezonnje izmenenija pokazatelej fluktuirujushhej asimmetrii list'ev drevesnyh porod na urbanizirovannoj territorii [Seasonal changes in indicators of fluctuating asymmetry of tree species leaves in an urbanized area] / G. V. Chudnovskaya, O. V. Chernakova // Vestnik IrGSHA [Bulletin of the IrGSHA] – 2019. - No. 93. - pp. 103-112. [in Russian]
10. Chudnovskaya G.V. Ispol'zovanie fluktuirujushhej asimmetrii list'ev *Betula pendula* Roth dlja ocenki jekologicheskogo sostojanija territorii g. Irkutsk [The use of fluctuating asymmetry of *Betula pendula* Roth leaves to assess the ecological state of the territory of Irkutsk] / G.V. Chudnovskaya, O.V. Chernakova // Vestnik IrGSHA [Bulletin of the IrGSHA]. 2018. No. 89. pp. 96-104. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2021.113.11.048>**НОВЫЙ ОБРАЗЕЦ ×TRITITRIGIA КАК ИСТОЧНИК КАЧЕСТВА ЗЕРНА В СЕЛЕКЦИИ ПШЕНИЦЫ**

Научная статья

Лошакова П.О.^{1,*}, Калмыкова Л.П.², Погост А.А.³, Вайншенкер Т.С.⁴¹ ORCID: 0000-0002-2838-7900;³ ORCID: 0000-0001-7042-7745;⁴ ORCID: 0000-0002-7683-033X;^{1, 2, 3} Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина Российской академии наук (ГБС РАН), Москва, Россия;⁴ Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина, Москва, Россия;⁴ Московский государственный университет пищевых производств, Москва, Россия

* Корреспондирующий автор (Pavla.loshakova[at]mail.ru)

Аннотация

Новый образец 1/3 выделен из коллекции ×*Trititrigia* отдела отдаленной гибридизации Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина РАН как источник хорошего качества зерна для селекции пшеницы. Технологический анализ F₅ и F₆ показал высокое содержание клейковины первой группы качества; по общей хлебопекарной оценке образец 1/3 отвечает требованиям ценной пшеницы. Образец 1/3 обладает смесительной ценностью с высоким улучшающим эффектом. Следовательно, муку из зерна образца 1/3 можно использовать в хлебопечении как в чистом виде, так и в качестве улучшителя. Различия в погодных условиях в годы изучения практически не повлияли на такой показатель, как общая хлебопекарная оценка (4,1 и 4,2 балла), что может свидетельствовать о высокой пластичности образца 1/3 и его способности формировать ценное по качеству зерно независимо от условий внешней среды.

Ключевые слова: ×*Trititrigia*, качество зерна, мука, седиментация, клейковина, смесительная ценность, хлеб.

NEW SAMPLE ×TRITITRIGIA AS A SOURCE OF GRAIN QUALITY IN WHEAT BREEDING

Research article

Loshakova P.O.^{1,*}, Kalmykova L.P.², Pogost A.A.³, Vaynschenker T.S.⁴¹ ORCID: 0000-0002-2838-7900;³ ORCID: 0000-0001-7042-7745;⁴ ORCID: 0000-0002-7683-033X;^{1, 2, 3} Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia;⁴ Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia;⁴ Moscow State University of Food Production, Moscow, Russia

* Corresponding author (Pavla.loshakova[at]mail.ru)

Abstract

A new 1/3 specimen was isolated from the ×*Trititrigia* collection of the Department of Remote Hybridization of the Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences. as a source of good quality grain for wheat selection. Technological analysis of F₅ and F₆ showed a high gluten content of the first quality group; according to the general bakery assessment, the 1/3 sample meets the requirements of valuable wheat. Sample 1/3 has a mixing value with a high improving effect. Consequently, flour from grain sample 1/3 can be used in baking both in its pure form and as an improver. Differences in weather conditions during the years of study virtually did not affect the overall baking score (4.1 and 4.2 points), which may indicate the high plasticity of the 1/3 sample and its ability to form grain of valuable quality regardless of environmental conditions.

Keywords: ×*Trititrigia*, grain quality, flour, sedimentation, gluten, mixing value, bread.

Введение

Ключевой целью селекционной работы с пшеницей является получение высококачественного зерна для хлебопекарной промышленности. В последнее время, параллельно с ростом производства зерна, наблюдается постепенное ухудшение качества хлеба за счёт увеличения доли менее ценных сортов пшеницы. Зерно мягкой пшеницы 1-го и 2-го класса, обеспечивающее выпечку качественного хлеба, практически не производится. Чтобы компенсировать снижение хлебопекарных свойств муки, на предприятиях активно используют хлебопекарные улучшители, не всегда безразличные для организма человека [1].

Очевидна необходимость увеличения продуктивности сортов пшеницы с высоким качеством зерна, однако причиной снижения продуктивности мягкой пшеницы, помимо неблагоприятных климатических условий, является влияние различных патогенов, а новые гены устойчивости в создаваемых сортах не успевают за появлением новых рас возбудителей [2]. Требуется увеличение числа сортов пшеницы, обладающих, наряду с высоким качеством зерна, пластичностью в отношении абиогенных факторов и устойчивостью или толерантностью к патогенам.

Однако, по мнению ряда исследователей [3], [4], генетический потенциал мягкой пшеницы ограничен, особенно в плане адаптивности к условиям внешней среды и устойчивости к фитопатогенам. Считается, что для расширения генпула мягкой пшеницы необходима интрогрессия в её геном наследственного материала диких сородичей филогенетически более отдаленных от мягкой пшеницы. В ряду диких сородичей пшеницы, используемых для гибридизации как источники адаптивности и устойчивости к патогенам, видное место занимают виды пырея (*Elytrigia* Desv. = *Thinopyrum* (L.) Á. Löve) [5], [6].

Прямая гибридизация пшеницы с пыреем затруднительна и получаемые гибриды часто имеют нежелательные признаки диких сородичей. Во избежание подобной ситуации пшеницу скрещивают с гибридами, уже содержащими

наследственный материал пырея. В этом случае отдаленный гибрид используют в качестве «мостика» для передачи пшенице наследственного материала пырея [7]. В Главном ботаническом саду им. Н.В.Цицина РАН с этой целью используется *×Trititrigia* [8].

×Trititrigia cziczinii Tsvet (здесь и далее названия видов приводятся по монографии Н.Н.Цвелева [9]) – гибридный вид, полученный под руководством Н.В.Цицина в результате скрещивания различных сортов мягкой пшеницы с видами пырея - пыреем средним (*Elytrigia intermedia* (Host) Nevski) и удлиненным (*Elytrigia elongata* (Host) Nevski), имеет 42 хромосомы пшеницы и 14 хромосом пырея [10]. Зерно *×Trititrigia* отличается высоким содержанием белка и клейковины, а мука имеет характерный желтоватый оттенок [11].

В отделе отдаленной гибридизации Главного ботанического сада им. Н.В.Цицина РАН проводятся исследования с целью выявления в коллекции *×Trititrigia* источников и доноров полезных свойств для интрогрессии в яровую мягкую пшеницу. Данная статья посвящена изучению технологических свойств одного из новых образцов *×Trititrigia* - образца 1/3 - как источника качества зерна в селекции мягкой пшеницы.

Материал и методы

Образец 1/3 из коллекции гибридов отдела отдаленной гибридизации Главного ботанического сада им. Н.В.Цицина РАН выделен как перспективный по показателям качества зерна в F₄. Полный технологический анализ проведен в F₅ и F₆. Растения выращивали на дерново-подзолистых суглинистых почвах (село Рождествено Истринского района Московской области) в 2018 и 2019 гг. Посев проводили кассетной сеялкой по 4 рядка с нормой высева по 50 зерновок предыдущего года репродукции на 1 погонный метр и шириной междурядий 48 см.

В таблице 1 приводятся погодные условия по данным ближайшей метеостанции в Новом Иерусалиме, Истринский район, Московская область, за два года – 2018 и 2019 гг. - с апреля по август.

Таблица 1 – Погода в 2018, 2019 гг. Новый Иерусалим, Истринский район, Московская область

2018					
Месяцы	апрель	май	июнь	июль	август
Осадки, мм	27	14	23	71	10
Температура, °C	+6,8	+15,2	+16,1	+19,6	+18,2
2019					
Месяцы	апрель	май	июнь	июль	август
Осадки, мм	18	47	101	77	50
Температура, °C	+6,6	+14,9	+18,1	+15,7	+15,4

Оценку качества зерна проводили по полной технологической схеме. Физико-химические показатели качества зерна определяли по методикам в соответствии с ГОСТ 26574-2017. Мука пшеничная хлебопекарная. Технические условия. Помол зерна проводили на мельнице Бюлера с получением муки 69% выхода. Физические свойства теста определяли на фаринографе Брэнбедера, согласно инструкции, прилагаемой к прибору. Пробную лабораторную выпечку хлеба проводили безопарным полумикрометодом без улучшителей по методике Госкомиссии по сортоиспытанию (ныне ВЦОКС). Качество хлеба определяли по шкале оценки, соответствующей примененной методике [12].

Результаты и обсуждение

Образец 1/3 был выделен как перспективный по косвенным показателям качества зерна (показатель седиментации, содержание клейковины в зерне и её качество) в ходе предварительных исследований. Подробные исследования образца 1/3 были проведены на F₅ и F₆ урожая 2018 и 2019 гг. Зерно урожая 2018 г. было оценено по полной технологической схеме с определением физических свойств теста и проведением пробной лабораторной выпечки. По содержанию и качеству клейковины образец 1/3 имел высокие показатели, по разжижению теста оценивался как сильная пшеница, а по валориметрической оценке – как ценная пшеница при хорошей общей хлебопекарной оценке (таблица 2). Полученные результаты дали основание для дальнейшей работы с образцом 1/3 по изучению технологических свойств зерна.

Таблица 2 – Качество зерна и смесительная ценность образца 1/3 (2018, 2019 гг.)

Образец	Физико-химические свойства						Физические свойства теста		Хлебопекарная оценка муки		
	Масса 1000 зерен, г	Натура, г/л	Стекловидность, %	клейковина		Показатель седиментации, мл.	Число падения с.	Степень разжижения, е.ф.	Валориметрическая оценка е.в.	Объёмный выход хлеба см³	Общая хлебопекарная оценка, балл
				Содержание в муке,%	Качество, ед.ИДК						
Московская 39, 2019	43,2	814	89	37,0	77	48	207	70	53	400	3,8
Образец 1/3, 2018	30,8	-	30	39,2	70	57	160	30	58	530	4,1
Образец 1/3, 2019	35,8	746	95	33,5	65	43	151	20	60	520,	4,2
ППГ68, 2019	44,2	791	68	26,0	85	26	152	140	36	380	3,3
ППГ68 + 25% образец 1/3	-	-	-	-	-	-	-	120	40	560	4,3
ППГ68 + 50% образец 1/3	-	-	-	-	-	-	-	80	47	580	4,4

Зерно F₆ образца 1/3 урожая 2019 г. было исследовано более детально. Для сравнительной характеристики был взят сорт озимой мягкой пшеницы Московская 39. Мукомольные свойства оценивались по физическим показателям качества зерна. Зерно образца 1/3 красное, по форме удлинённое, высокостекловидное – 95%, со средней натурой – 746 г/л, масса 1000 зерен 35,8 г (в пересчете на абсолютно сухое вещество). Зерно F₅ этого же образца урожая 2018 г. было мельче (масса 1000 зерен 30,8 г), с низкой стекловидностью (30%), что объясняется погодными условиями.

По показателям мукомольных свойств, натуре и массе 1000 зерен в 2019 г. образец 1/3 уступал Московской 39 (таблица 2). По активности α -амилазы (число падения 151 с) зерно образца 1/3 отвечало требованиям продовольственного, т.е. пригодного для хлебопечения, что позволило провести изучение хлебопекарных свойств муки образца.

Хлебопекарные свойства муки из зерна образца 1/3 оценивали как по косвенным показателям: содержанию и качеству клейковины, показателю седиментации и физическим свойствам теста, так и по результатам пробной лабораторной выпечки и смесительной ценности муки.

По важному признаку – содержанию и качеству клейковины в муке - образец 1/3 имел высокие показатели, однако, в зерне урожая 2019 г. клейковины сформировалось меньше (33,5%), чем в 2018 г. (39,2%) и меньше, чем у Московской 39 (37,0%). Качество клейковины образца 1/3 соответствовало первой группе, а Московской 39 – второй. По показателю седиментации, характеризующему «силу» муки, за годы изучения образец классифицировался как высокобелковая пшеница с хорошим качеством клейковины.

Физические свойства теста образца 1/3, изученные в течение двух лет, имели некоторые особенности. По валориметрической оценке – обобщающий показатель физических свойств теста – образец 1/3 соответствовал требованиям ценной пшеницы. По степени разжижения теста – 20,30 е.ф.- он имел минимальные значения, отвечая требованиям сильной пшеницы (улучшитель).

Устойчивость теста к разжижению – важный фактор в процессе тестоведения при выпечке хлеба, поскольку позволяет увеличить продолжительность и интенсивность замеса теста, что положительно влияет на качество выпеченного хлеба.

Определяющим показателем хлебопекарных свойств является пробная лабораторная выпечка. Хлеб из муки, полученной из зерна образца 1/3, за два года изучения, имел овальную форму, ровную поверхность, хорошо восстанавливаемый эластичный мякиш, равномерную тонкостенную пористость.

Общая хлебопекарная оценка превышала 4 балла (4,1 и 4,2), что отвечает требованиям ценной пшеницы.

По физическим свойствам теста и хлебопекарным достоинствам муки (общая хлебопекарная оценка отвечала требованиям хорошего филлера) в 2019 г. сорт Московская 39 уступал образцу 1/3.

В связи с высоким содержанием клейковины, хорошими и отличными показателями физических свойств теста и хорошей общей хлебопекарной оценкой, была изучена смесительная ценность муки из зерна образца 1/3 урожая 2019 г. В качестве реципиента при выпечке хлеба из смесей использовали муку, полученную при помоле зерна озимого пшенично-пырейного гибрида ППГ68. По основным показателям качества зерна ППГ68 определялся как удовлетворительный филлер, в том числе и по физическим свойствам теста.

Муку, полученную при помоле зерна 1/3, добавляли к муке из зерна ППГ 68 в количестве 25 и 50%. Предварительно были определены физические свойства теста у составленных смесей муки. Добавление как 50%, так и 25% муки образца 1/3 снижало степень разжижения теста по сравнению с ППГ 68. Смеси по этому показателю отвечали требованиям ценной пшеницы и хорошего филлера соответственно, а по валориметрической оценке значимое улучшение было только при добавлении 50% муки 1/3 – 47 е.в., что отвечает требованиям хорошего филлера. При выпечке хлеба из смесей значительно улучшилось качество хлеба. При добавлении к муке ППГ 68 25% муки, полученной из зерна 1/3, объёмный выход хлеба увеличился на 180 см³, улучшился внешний вид хлеба и структура мякиша. Общая хлебопекарная оценка выросла на 1,0 балл. При добавлении 50% муки образца 1/3, объёмный выход выпеченного хлеба вырос на 200 см³, улучшились показатели внешнего вида хлеба и состояния мякиша. Общая хлебопекарная оценка увеличилась на 1,1 балла. В обоих случаях выпеченный из смесей хлеб по общей хлебопекарной оценке отвечал требованиям ценной пшеницы. Общая хлебопекарная оценка хлеба, выпеченного из муки ППГ68, отвечала требованиям удовлетворительного филлера.

Таким образом, результаты пробной выпечки свидетельствуют об эффективной смесительной ценности образца 1/3 (рисунок).

Резюмируя данные оценки технологических свойств изученного образца, следует отметить, что, несмотря на варьирование в 2018 и 2019 гг. физических характеристик зерна и содержания клейковины, вызванное погодными условиями, в зерне образца 1/3 сформировалось значительное количество клейковины первой группы качества. Способность формировать высокое количество клейковины в зерне у данного образца – генетически обусловленный фактор, т.к. этот признак проявлялся и в более ранних поколениях. Показатели физических свойств теста были высокими и отвечали требованиям сильной пшеницы (улучшитель) – по разжижению теста, и ценной пшеницы – по валориметрической оценке. По общей хлебопекарной оценке образец 1/3 отвечает требованиям ценной пшеницы. Образец 1/3 обладает смесительной ценностью с высоким улучшающим эффектом. Следовательно, муку из зерна образца 1/3 можно использовать в хлебопечении как в чистом виде, так и в качестве улучшителя.



Рис. 1 – Формовый хлеб из муки, полученной из зерна образца 1/3 и смесей с мукой ППГ68:
1 – Московская 39; 2 – образец 1/3; 3 – ППГ68; 4 – ППГ68+50%

Выводы

1. Образец 1/3 из коллекции *×Trititrigia* обладает хорошим качеством зерна. За два года исследования общая хлебопекарная оценка превышала 4 балла (4,1 и 4,2), что отвечает требованиям ценной пшеницы.
2. Муку, полученную при помоле зерна образца 1/3, можно использовать в хлебопечении как в чистом виде, так и в смесях с мукой слабой пшеницы в качестве естественного улучшителя, получая при этом хлеб хорошего качества. При добавлении к муке ППГ 68 25% муки, полученной из зерна образца 1/3, объёмный выход хлеба увеличился на 180 см³, улучшился внешний вид хлеба и структура мякиша. Общая хлебопекарная оценка выросла на 1,0 балл. При добавлении 50% муки образца 1/3, объёмный выход выпеченного хлеба вырос на 200 см³, улучшились показатели внешнего вида хлеба и состояния мякиша. Общая хлебопекарная оценка увеличилась на 1,1 балла.
3. Образец 1/3 является источником высокого качества зерна. За два года исследований он показал себя как высокобелковая пшеница с высоким содержанием клейковины (33,5% и 39,2%) первой группы качества в муке и может использоваться в селекции мягкой пшеницы на качество.
4. Различия в погодных условиях в годы изучения почти не повлияли на такой показатель, как общая хлебопекарная оценка (4,1 и 4,2 балла), что может свидетельствовать о высокой пластичности образца 1/3 и его способности формировать ценное по качеству зерно независимо от условий внешней среды.

Финансирование

Работа выполнена в рамках ГЗ ГБС РАН (№ 19-119012390082-6).

Funding

The work was carried out in accordance to Institutional research project (№ 19-119012390082-6).

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Хлёткина Е.К. Перспективные возможности использования молекулярно-генетических подходов для управления технологическими свойствами зерна пшеницы в контексте цепочки «зерно-мука-хлеб» / Е.К. Хлёткина, Т.А. Пшеничникова, Н.И. Усенко и др. // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2016; 20(4):511-527. DOI 10.18699/VJ15.140.
2. Леонова И.Н. Влияние чужеродного генетического материала на проявление хозяйственно важных признаков мягкой пшеницы (*T.aestivum* L.) / И.Н.Леонова // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018, 22(3):321-328 DOI 10.18699/VJ18/367.
3. Давоян Р.О. Интрогрессивные линии мягкой пшеницы с генетическим материалом *Agropyron glaucum* / Р.О. Давоян, И.В. Бебякина, А.С. Зинченко и др. // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2015; 19(1), 83-90. DOI 10.18699/VJ 15/010.
4. Крупин П.Ю. Использование генетического потенциала многолетних дикорастущих злаков в селекционном улучшении пшеницы (обзор) / П.Ю. Крупин, М.Г. Дивашук, Г.И. Карлов // Сельскохозяйственная биология. - 2019. - т.54. - №3. - С.409-425.
5. Wanlong Li Development and characterization of wheat-sea wheatgrass (*Thinopyrum junceiforme*) amphiploids for biotic stress resistance and abiotic stress tolerance / Li Wanlong, Shuwen Wang, Marie A. Langham et al. // Theoretical and Applied Genetics-2019- 132:163-175. DOI.Org/10.1007/s00122-018-3205-4.
6. Дружинин А.Е. Создание сортов яровой мягкой пшеницы с устойчивостью к комплексу патогенов методом интрогрессивной селекции / А.Е.Дружинин, С.Н. Сибикеев, В.А. Крупнов и др. // Достижения науки и техники АПК. - 2011. - №1. - С.22-24.

7. Плотникова Л.Я. Перспективные интрогрессивные линии мягкой пшеницы с генами *Agropyron elongatum* устойчивые к ржавчинным болезням в Западной Сибири / Л.Я. Плотникова, А.Т.Сагендыкова, А.Ю.Мясников // Материалы национальной (Всероссийской) научно- практической конференции «Агрометеорология и сельское хозяйство: история, значение, перспективы». Омск, 23 марта 2016 г. - 2016. - С.37-41.
8. Лошакова П.О. Новые перспективные гибриды для селекции мягкой пшеницы / П.О. Лошакова, Е.Д. Бадаева, М.М. Геворкян и др. // Бюллетень Главного ботанического сада. – 2020. - №2. - С. 69-79.
9. Цвелёв Н.Н. Злаки СССР / Н.Н. Цвелёв. - Л.: Наука, 1976. -788с.
10. Цицин Н.В. Многолетняя пшеница / Н.В. Цицин. - М: Наука, 1978. - 288с.
11. Долгова С.П. Технологические свойства зерна промежуточных пшенично-пырейных гибридов / С.П. Долгова, Н.Л. Кузнецова, Л.П. Калмыкова // Отдаленная гибридизация (результаты исследований). М.: МСХА.2001.- С.92-104.
12. Методические материалы Государственной комиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур. Выпуск 1-2. М.: Колос. 1971. - 57 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Xlyostkina E.K. Perspektivny`e vozmozhnosti ispol`zovaniya molekulyarno-geneticheskix podxodov dlya upravleniya texnologicheskimi svojstvami zerna pshenicy v kontekste cepochki «zerno-muka-xleb» [Promising possibilities of using molecular genetic approaches to control the technological properties of wheat grain in the context of the grain-flour-bread chain] / E.K.Xlyostkina, T.A. Pshenichnikova, N.I. Usenko et al. // Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. [Vavilovsky Journal of Genetics and Breeding] 2016; 20(4):511-527. DOI 10.18699/VJ15.140.[in Russian]
2. Leonova I.N. Vliyanie chuzherodnogo geneticheskogo materiala na proyavlenie xozyajstvenno vazhny`x priznakov myagkoj pshenicy (T.aestivum L) [Influence of alien genetic material on the manifestation of economically important traits of common wheat (T. aestivum L.)] / I.N. Leonova // Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii [Vavilovsky Journal of Genetics and Breeding] 2018,22(3):321-328 DOI 108699/VJ18/367. [in Russian]
3. Davoyan R.O. Introgressivny`e linii myagkoj pshenicy s geneticheskim materialom Agropyron glaucum [Introgressive lines of soft wheat with Agropyron glaucum genetic material] / R.O. Davoyan, I. V. Bebyakina, A.S. Zinchenko et al. // Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii [Vavilovsky Journal of Genetics and Breeding] 2015; 19(1), 83-90.DOI 10.18699/VJ 15/010. [in Russian]
4. Krupin P.Yu. Ispol`zovanie geneticheskogo potentsiala mnogoletnix dikorastushhix zlakov v selekcionnom uluchshenii pshenicy (obzor) [Using the genetic potential of perennial wild-growing cereals in wheat breeding improvement (review)] / P.Yu. Krupin, M.G. Divashuk, G.I. Karlov // Sel'skoxozyajstvennaya biologiya [Agricultural biology]. - 2019.- Vol. 54.- No. 3.- P.409-425. [in Russian]
5. Wanlong Li Development and characterization of wheat-sea wheatgrass (*Thinopyrum junceiforme*) amphiploids for biotic stress resistance and abiotic stress tolerance / Li Wanlong, Shuwen Wang, Marie A. Langham et al. // Theoretical and Applied Genetics-2019- 132:163-175. DOI.Org/10.1007/s00122-018-3205-4.
6. Druzhinin A.E. Sozdanie sortov yarovoj myagkoj pshenicy s ustojchivost`yu k kompleksu patogenov metodom introgressivnoj selekcii [Creation of spring soft wheat varieties with resistance to a complex of pathogens by the method of introgressive selection] / A.E. Druzhinin, S.N. Sibikeev, V.A. Krupnov et al. // Dostizheniya nauki i tekhniki APK [Achievements of science and technology in the agro-industrial complex]. - 2011. - No. 1. - P. 22-24. [in Russian]
7. Plotnikova L.Ya. Perspektivny`e introgressivny`e linii myagkoj pshenicy s genami Agropyron elongatum ustojchivy`e k rzhavchinny`m bolezniam v Zapadnoj Sibiri [Promising introgressive lines of soft wheat with Agropyron elongatum genes resistant to rust diseases in Western Siberia] / L.Ya. Plotnikova, A.T.Sagendy`kova, A.Yu.Myasnikov // Materialy` nacional`noj (Vserossijskoj) nauchno- prakticheskoy konferencii «Agrometeorologiya i sel'skoe xozyajstvo: istoriya, znachenie, perspektivy» [Materials of the National (All-Russian) Scientific and Practical Conference "Agrometeorology and Agriculture: History, Significance, Prospects"]. Omsk, March 23, 2016 - 2016. - P. 37-41. [in Russian]
8. Loshakova P.O. Novye perspektivnye gibridy dlya selekcii myagkoj pshenicy. [New promising hybrids for breeding soft wheat] / P.O.Loshakova, E.D.Badaeva, M.M.Gevorkyan et al. // Byulleten' Glavnogo botanicheskogo sada [Bulletin of the Main Botanical Garden] 2020. - No. 2. - P. 69-79. [in Russian]
9. Czvelyov N.N. Zlaki SSSR [Cereals of the USSR] / N.N. Czvelev. - L. : Nauka, 1976.-788p.
10. Cicin N.V. Многолетняя пшеница [Perennial wheat] / N.V. Cicin. - М: Наука, 1978.- 288p.
11. Dolgova S.P. Texnologicheskie svojstva zerna promezhutochny`x pshenichno-py`rejny`x gibridov [Technological properties of the grain of intermediate wheat-wheatgrass hybrids] / S.P. Dolgova, N.L. Kuzneczova, L.P. Kalmy`kova // V sb. Otdalennaya gibridizaciya (rezul`taty` issledovanij) [Remote hybridization (research results)]. М.: МАА, 2001. - P.92-104.
12. Metodicheskie materialy Gosudarstvennoj komissii po sortoispytaniyu sel'skoxozyajstvennyh kul'tur. [Methodical materials of the State Commission for Variety Testing of Agricultural Crops]. Issue. 1-2. Moscow: Kolos, 57 p.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2021.113.11.049>

ОСОБЕННОСТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО БЕНЗИНА НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ ПРИМОРСКОГО РАЙОНА АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Научная статья

Лукошкова А.А.*

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. Н.П. Лаверова Уральского отделения Российской академии наук, Архангельск, Россия

* Корреспондирующий автор (a.luckoshkova[at]yandex.ru)

Аннотация

В статье представлены результаты изучения воздействия автомобильного бензина на физико-химические свойства почв Приморского района Архангельской области.

В лабораторных условиях проведен модельный эксперимент по загрязнению чистых почв данной территории различного гранулометрического состава (глина, суглинок, супесь) автомобильным бензином. Осуществлена инкубация чистых и загрязненных почв. Инкубационный период составлял один месяц. После инкубации в чистых и загрязненных почвенных образцах было определено содержание углеводородов нефтепродукта; актуальная, обменная кислотности; содержание органического вещества; содержание подвижных форм фосфора, калия и азота.

В рамках модельного эксперимента установлено, что загрязненные почвы остаются в категории «загрязненные» после одного месяца инкубации. В загрязненных почвах выявлены изменения физико-химических свойств: почвенная кислотность ухудшается; содержание органического вещества и неорганического аммонийного азота повышается; содержание подвижных форм фосфора и калия уменьшается.

Ключевые слова: Приморский район Архангельской области, автомобильный бензин, дерновая и дерново-подзолистая почвы, физико-химические свойства почв.

FEATURES OF THE IMPACT OF GASOLINE ON THE PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF SOILS OF THE PRIMORSKY DISTRICT OF ARKHANGELSK OBLAST

Research article

Lukoshkova A.A.*

N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Arkhangelsk, Russia

* Corresponding author (a.luckoshkova[at]yandex.ru)

Abstract

The article presents the results of studying the effects of gasoline on the physicochemical properties of soils of the Primorsky district of Arkhangelsk oblast.

The study conducts a model laboratory experiment on the contamination of clean soils of this territory with various granulometric composition (clay, loam, sandy loam) with automobile gasoline. Also, incubation of clean and polluted soils was carried out with the incubation period of one month. After incubation in clean and polluted soil samples, the content of petroleum product hydrocarbons was determined; the actual, exchange acidity; the content of organic matter; the content of mobile forms of phosphorus, potassium and nitrogen.

As part of the model experiment, the study finds that contaminated soils remain in the "contaminated" category after one month of incubation. The study determines the following changes in physicochemical properties of polluted soils: worsening soil acidity; increasing content of organic matter and inorganic ammonium nitrogen; decreasing content of mobile forms of phosphorus and potassium decreases.

Keywords: Primorsky district of Arkhangelsk Oblast, automobile gasoline, turf and sod-podzolic soils, physicochemical properties of soils.

Введение

Автомобильный бензин является токсичным химическим веществом. На территории Архангельской области добыча нефтяного сырья и производство нефтепродуктов не осуществляется [10]. Автомобильный бензин используется в производственной и иной деятельности, связанной с неизбежным риском его поступления в компоненты природной среды, как в виде жидкостей, так и в виде пара во время утечки, а также транспортировки, погрузочно-разгрузочных операций, хранения нефтепродукта.

При попадании нефти или нефтепродуктов в почву происходят глубокие и зачастую необратимые изменения морфологических, ее физико-химических и биологических свойств, а иногда и существенная перестройка всего почвенного профиля, трансформация почвенных экосистем [22], [23], [27], [26]. Загрязнение приводит к потере плодородия почв и выведению территорий из определенных категорий землепользования.

Условия климатического пояса территории Архангельской области: активная циклоническая деятельность, частая смена воздушных масс, различных по температуре и влажности, устойчивый снежный покров зимой [10] – затрудняют восстановление загрязненных нефтепродуктами почв, делая экологическую систему данной территории более хрупкой.

При загрязнении почв необходимо проведение мероприятий по их охране. В России применяются меры государственного регулирования в области охраны почв в отношении загрязняющего вещества «бензин» [19]. Для «бензина» установлен норматив качества для почв по воздушно-миграционному показателю вредности (предельно допустимая концентрация бензина составляет 0,1 мг/кг) [20].

На территории, загрязненной бензином, контролю подлежит не только содержание углеводородов нефтепродукта, которое перешло из почвы в атмосферный воздух, но и их содержание в почве. Однако, норматив качества по общесанитарному показателю вредности бензина и ориентировочно допустимая его концентрация в самой почве не установлены.

Оценка состояния почв, проведение мероприятий по восстановлению земель затрудняются при отсутствии предельно допустимой концентрации по общесанитарному показателю вредности и/или ориентировочно допустимой концентрации. Для расчета ущерба, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды, в соответствии с утвержденной методикой [18] требуются дополнительные измерения. В данном случае, согласно методике, применяется значение концентрации загрязняющего вещества на сопредельной территории аналогичного целевого назначения и вида использования, не испытывающей негативного воздействия от данного вида загрязнения.

Целью исследования является выявление закономерностей влияния автомобильного бензина на физико-химические показатели почв Приморского района Архангельской области после одного месяца загрязнения.

Методы и принципы исследования

В рамках исследования был проведен лабораторный модельный эксперимент с применением вегетационного метода [1] и методики, предложенной С.И. Колесниковым с соавторами [13]. Для эксперимента использованы чистые дерновая (глинистая) и дерново-подзолистая (супесчаная) почвы Приморского района Архангельской области и смесь данных почв (суглинистая). В чистых почвах углеводороды нефтепродуктов не обнаружены [16]. Содержание физической глины в глинистой, суглинистой и супесчаной почвах составляет 89%; 50%; 12%, соответственно.

В рамках опыта смоделировано загрязнение почв бензином АИ 92 с концентрациями: 0,5; 1,0; 5,0%. Вес почвы для каждого образца составлял 0,7 кг. Образцы почв хорошо перемешивали шпателем для равномерного загрязнения. Опыт проведен в трехкратной повторности. Инкубирование почв осуществляли в пластиковых емкостях 0,001 м³ при температуре 20–22 °С с оптимальной влажностью в 60% от полной влагоемкости. Параллельно проведено инкубирование незагрязненных почв. Инкубационный период составлял 1 месяц.

После инкубации в почвенных образцах (9 незагрязненных и 27 загрязненных) было определено содержание углеводородов нефтепродукта [16]; актуальная ($pH_{вод}$), обменная ($pH_{сол}$) кислотности [7], [25]; содержание органического вещества [6]; содержание подвижных форм калия (K_2O) и фосфора (P_2O_5) [5]; содержание неорганического нитратного ($N-NO_3^-$) и аммонийного азота ($N-NH_4^+$) [8], [1].

Полученные экспериментальные данные статистически обработаны. Для оценки разности средних значений показателей использован критерий Фишера [9].

Результаты

После одного месяца инкубации в исследуемых незагрязненных почвах углеводороды нефтепродукта отсутствуют; в загрязненных почвах остаточное содержание углеводородов нефтепродукта от начальной концентрации 5 000–50 000 мг/кг составляет 8–300 мг/кг (менее 1%), (см. таблицу 1).

Максимальное остаточное содержание углеводородов нефтепродукта наблюдается в почвах тяжелого гранулометрического состава, что обусловлено аккумулятивной способностью глины и суглинка [4], [22].

Несмотря на потери содержания углеводородов нефтепродукта после одного месяца инкубации, почвы в соответствии с градацией для урбанизированных почв [17] остаются в категории «загрязненные».

Внесение нефтепродукта в почвы приводит к изменениям физико-химических свойств почв (см. таблицу 1).

Таблица 1 – Средние значения (диапазоны) физико-химических показателей незагрязненных и загрязненных почв после инкубационного периода

Измеряемый показатель	Гранулометрический состав почвы		
	Глина	Суглинок	Супесь
Незагрязненные почвы			
$pH_{вод}$	6,0±0,01	6,9±0,01	7,0±0,01
$pH_{сол}$	5,8±0,01	6,7±0,01	6,0±0,01
Содержание общего органического вещества, %	1,9±0,02	1,9±0,02	1,7±0,01
Содержание $N-NO_3^-$, мг/кг	4,4±0,48	2,5±0,15	1,5±0,15
Содержание $N-NH_4^+$, мг/кг	16±0,96	8,8±0,31	5,9±0,21
Содержание P_2O_5 , мг/кг	540±8,7	381±4,0	156±1,1
Содержание K_2O , мг/кг	87±2,7	45±1,0	7,7±0,29
Загрязненные почвы			
Содержание остаточных углеводородов нефтепродукта, мг/кг	24±8–300±131	15±5–183±59	8±2–102±19
$pH_{вод}$	5,4±0,01–6,4±0,01	7,1±0,01–7,2±0,01	7,0±0,01
$pH_{сол}$	5,5±0,01–5,7±0,01	6,4±0,01–6,7±0,01	5,9±0,01–6,0±0,01
Содержание общего органического вещества, %	2,0±0,03–2,8±0,03	1,9±0,07–2,3±0,48	2,2±0,34

Окончание таблицы 1 – Средние значения (диапазоны) физико-химических показателей незагрязненных и загрязненных почв после инкубационного периода

Измеряемый показатель	Гранулометрический состав почвы		
	Глина	Суглинок	Супесь
Загрязненные почвы			
Содержание N-NO ₃ ⁻ , мг/кг	2,0±0,09–2,4±0,10	1,3±0,05	0,40±0,03–0,47±0,03
Содержание N-NH ₄ ⁺ , мг/кг	19±1,7–20±1,3	10±0,40–11±0,59	6,9±0,21–7,2±0,02
Содержание P ₂ O ₅ , мг/кг	419±2,2–736±5,9	291±3,0–330±4,7	121±0,48–150±1,9
Содержание K ₂ O, мг/кг	70±2,1–83±3,2	36±1,4–40±0,72	6,2±0,54–6,9±0,34

Почвенная кислотность

Для характеристики почвенной кислотности использовали рН_{вод}, связанный с содержанием свободных протонов и гидроксид-ионов в почвенном растворе, и рН_{сол}, связанный с содержанием протонов и ионов алюминия в почвенном поглощающем комплексе.

Почвенные растворы и твердые фазы чистых почв различного гранулометрического состава имели оптимальную реакцию среды, благоприятную для роста большинства растений, способствующую росту активности микроорганизмов: рН_{вод} находился в пределах значений 6,0–7,0; рН_{сол} – 5,8–6,7.

В загрязненных почвах реакция среды почвенных растворов меняется (см. таблицу 1). Для глины характерно повышение рН_{вод} относительно незагрязненной инкубированной почвы. При 0,5%-м загрязнении автомобильным бензином происходит снижение рН_{вод} до 5,4. Актуальная кислотность суглинка превышает оптимальные значения рН, углеводороды автомобильного бензина (весь диапазон концентраций) обуславливают слабощелочную реакцию их почвенных растворов.

Повышенное содержание коллоидов и высокая буферная способность глины, возможно, обуславливает слабое подкисление её почвенных растворов.

Подщелачивание почвенных растворов может быть связано с наличием нефтепродукта, имеющего нейтральную или слабощелочную реакцию среды. Согласно исследованию Ф. Р. Зайдельмана [11] избыток специфического органического вещества, входящего в состав нефти, способствует образованию гидрофобных пленок на поверхности почвенных частиц и ухудшению условий аэрации. Усиление степени оглеения почв и анаэробное брожение углеводородов также способствует подщелачиванию почвенного раствора. Выявленная закономерность подтверждается исследованиями М. Ю. Гилязова, Т. А. Андреевой, В. П. Сединой и С. И. Колесникова с соавторами [3], [2], [21], [13].

Обменная кислотность загрязненных почв не превышает оптимальных значений.

В целом, кислотность загрязненных почв различного гранулометрического состава существенно не отличается.

Органическое вещество

Содержание органического вещества в незагрязненных почвах после инкубации составляет 1,7–1,9%, что по шкале А.С. Пискунова [15] можно оценить, как «очень низкое».

Нефтепродукт оказывает однозначное воздействие на содержание органического вещества, увеличивая его в среднем в 1–1,5 раза (см. таблицу 1). Увеличение содержания органического вещества в почвах, загрязненных нефтепродуктами, связано с повышением содержания гумусовых веществ и гумина, обусловленным процессами гумификации и трансформации углеводородов [21].

Содержание органического вещества существенно отличается в загрязненных почвах ($37 \leq F_{экп} \leq 608$) и увеличивается в ряду: супесь → суглинок → глина.

Биогенные элементы

Незагрязненные почвы обеспечены неорганическим азотом (сумма N-NO₃⁻ и N-NH₄⁺): глина содержит наибольшее его количество – 20,4 мг/кг; суглинок – среднее 11,3 мг/кг; супесь – низкое 7,4 мг/кг.

Среднее содержание P₂O₅ в незагрязненных почвах выше оптимального уровня, установленного В. А. Черниковым [24] для различных типов естественных почв. По шкале А. С. Пискунова [15] исследованные почвы обеспечены P₂O₅: глина содержит 540 мг/кг, суглинок – 381 мг/кг (очень высокая степень обеспеченности), супесь – 156 мг/кг (повышенная степень обеспеченности).

В меньшей степени эти почвы обеспечены K₂O. По шкале А. С. Пискунова [15]: глина содержит 87 мг/кг (средняя степень обеспеченности), суглинок – 45 мг/кг (низкая степень обеспеченности), супесь – 7,7 мг/кг (очень низкая степень обеспеченности).

Нефтепродукт увеличивает содержание неорганического азота в почвах (см. таблицу 1), что обусловлено активацией процессов аммонификации. Увеличение содержания N-NH₄⁺ в почвах, загрязненных нефтепродуктами, может быть обусловлено повышением активности аммонифицирующих микроорганизмов и аэробных азотфиксаторов при подавлении процессов нитрификации. Н. А. Киреевой [12] отмечено, что наиболее чувствительны к нефтяному загрязнению нитрифицирующие бактерии.

При внесении нефтепродукта меняется не только азотный режим почв, но также их фосфатный и калийный режимы.

В загрязненных почвах (в глине при концентрации автомобильного бензина 5,0%), в суглинке и супеси (на всем диапазоне концентраций нефтепродукта) наблюдается уменьшение содержания P₂O₅ по сравнению с незагрязненными

инкубированными почвами (см. таблицу 1). При этом нефтепродукты не обуславливают дефицит P_2O_5 в почве. Ухудшение фосфатного режима почв может быть обусловлено связыванием некоторой части растворимого фосфора компонентами нефтепродукта, а также ингибирующим действием нефтепродуктов на фосфатазную активность, которая, согласно исследованиям Н. А. Киреевой [12], не восстанавливается при загрязнении почвы нефтью по истечении года.

Автомобильный бензин обуславливает дефицит K_2O . В загрязненных почвах содержание K_2O уменьшается (см. таблицу 1). Данное воздействие подтверждается исследованиями В. П. Серединой с соавторами [21]. Снижение содержания K_2O обусловлено перестройкой структуры почвенного поглощающего комплекса. Под воздействием нефтепродуктов происходит блокировка обменных центров почвенных коллоидов гидрофобными пленками загрязняющего вещества, что снижает степень подвижности катионов почвенного поглощающего комплекса [2], [21], следовательно, и снижение содержания K_2O .

Обеспеченность почв различного гранулометрического состава биогенными элементами существенно отличается: $N-NO_3^-$ ($6\ 254 \leq F_{эксп} \leq 25\ 063$); $N-NH_4^+$ ($41 \leq F_{эксп} \leq 3\ 236$), P_2O_5 ($20 \leq F_{эксп} \leq 39$) и K_2O ($22 \leq F_{эксп} \leq 87$).

Заключение

Почвы, загрязненные автомобильным бензином, после одного месяца инкубации остаются в категории «загрязненные»; их физико-химические свойства изменены.

В почвах ухудшаются кислотно-основные свойства почвенного раствора (в глине – подкисление, в суглинке – подщелачивание); повышается содержание органического вещества; увеличивается содержание неорганического азота вследствие увеличения $N-NH_4^+$; уменьшается содержание P_2O_5 , не вызывая дефицит питательного элемента; снижается содержание K_2O , приводя к его дефициту.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Агрохимические методы исследования почв. – М.: Наука, 1975. – 656 с.
2. Андреева Т. А. Интегральная оценка воздействия нефтяного загрязнения на параметры химического и биологического состояния почв таежной зоны Западной Сибири : автореф. дис. ...канд. биол. наук : 03.00.27 / Андреева Татьяна Анатольевна. – Томск, 2005. – 15 с.
3. Гилязов М. Ю. Изменение некоторых агрохимических свойств выщелочного чернозема при загрязнении его нефтью / М. Ю. Гилязов // Агрохимия. – 1980. – № 12. – С. 72–75.
4. Глазовская М. А. Методологические основы оценки эколого-геохимической устойчивости почв к техногенным воздействиям / М. А. Глазовская. – М., 1997. – 102 с.
5. ГОСТ 26207-91. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО. – М. : Комитет стандартизации и метрологии СССР, 1991. – 7 с.
6. ГОСТ 26213-91. Почвы. Методы определения органического вещества. – М. : Комитета стандартизации и метрологии СССР, 1991. – 8 с.
7. ГОСТ 26423-85. Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки. – М. : Государственный стандарт Союза ССР, 1984. – 7 с.
8. ГОСТ 26951-86. Почвы. Определение нитратов ионометрическим методом. – М. : Государственный комитет СССР по стандартам, 1986. – 10 с.
9. Дмитриев Е. А. Математическая статистика в почвоведении / Е. А. Дмитриев. – М. : Изд-во ЛИБРОКОМ, 2009. – 328 с.
10. Доклад. Состояние и охрана окружающей среды Архангельской области за 2020 год / отв. ред. О.В. Перхурова; ГБУ Архангельской области «Центр природопользования и охраны окружающей среды». – Архангельск: САФУ, 2021. – 478 с.
11. Зайдельман Ф. Р. Подзоло- и глееобразование / Ф. Р. Зайдельман. – М. : Наука, 1974. – 208 с.
12. Киреева Н. А. Влияние загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами на численность и видовой состав микромицетов / Н. А. Киреева, Н. Ф. Галимзянова // Почвоведение. – 1995. – № 2. – С. 211–216.
13. Колесников С. И. Биодиагностика экологического состояния почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами / С. И. Колесников, К. Ш. Казеев, В. Ф. Вальков и др. – Ростов/Д: Изд-во ЗАО Ростиздат, 2007. – 192 с.
14. Кувшинская Л. В. Техногенез при добыче нефти / Л. В. Кувшинская, Г. А. Воронов, С. А. Бузмаков // Геохимия биосферы : тез. III междунар. совещ. Ростов-на-Дону. Изд-во ростовского ун-та. – 2001. – С. 215.
15. Пискунов А. С. Методы агрохимических исследований / А. С. Пискунов. – М. : КолосС, 2004. – 312 с.
16. ПНД-Ф 16.1.21-98. Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в пробах почв флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат – 02». – М.: НПФ «Люмэкс», 1998. – 17 с.
17. Попова Л. Ф. Степень загрязнения почв нефтепродуктами как показатель воздействия автотранспорта / Л. Ф. Попова, А. А. Михайлова, Н. Е. Труфанова // Экологические проблемы человечества: сборник материалов II Международной научно-практической конференции / Рос. гос. аграр. заоч. ун-т. М. – 2009. – С. 56–59.
18. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 08.07.2010 № 238 «Об утверждении Методики исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды» [Электронный ресурс] – URL: <http://docs.cntd.ru/document/902227668> (дата обращения: 19.03.2021).
19. Распоряжение Правительства РФ от 08.07.2015 №1316-р «Об утверждении перечня загрязняющих веществ, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды» [Электронный ресурс] – URL: <http://docs.cntd.ru/document/420286994> (дата обращения: 19.03.2021).

20. СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания [Электронный ресурс] – URL: <http://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения: 19.03.2021).

21. Середина В. П. Нефтезагрязненные почвы: свойства и рекультивация / В. П. Середина, Т. А. Андреева, Т. П. Алексеева и др. – Томск : Изд-во ТПУ, 2006. – 270 с.

22. Солнцева Н. П. Закономерности миграции нефти и нефтепродуктов в почвах лесотундровых ландшафтов Западной Сибири / Н. П. Солнцева, А. П. Садов // Почвоведение. – 1998. – №8. – С. 996–1008.

23. Трофимов С. Я. Влияние нефти на почвенный покров и проблема создания нормативной базы по влиянию нефтезагрязнения на почвы / С. Я. Трофимов, Я. М. Аммосова, Д. С. Орлов и др. // Вестник Московского университета. Сер. 17. Почвоведение. – 2000. – № 2. – С. 30–34.

24. Черников В. А. Устойчивость почв к антропогенному воздействию / В. А. Черников, Н. З. Михашенко, О. А. Соколов. – Пушкино : ОНТИ ПНЦ РАН, 2001. – 200 с.

25. Чибисова Н. В. Практикум по экологической химии: учебное пособие / Н. В. Чибисова. – Калининград : Калинингр. ун-т, 1999. – 94 с.

26. Mirjani M. Toxicity assessment of total petroleum hydrocarbons in aquatic environments using the bioluminescent bacterium *Aliivibrio fischeri* / M. Mirjani, M. Soleimani, V. Salari // Ecotoxicology and Environmental Safety. – 2021. V. 207. – № 111554. [Electronic resource] – URL: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111554>. (accessed: 19.03.2021).

27. Wang X. Microbial communities in petroleum-contaminated seasonally frozen soil and their response to temperature changes / Wang X., Guan X., Zhang X. et al. // Chemosphere. – 2020. V. 258. – № 127375. [Electronic resource] – URL: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127375>. (accessed: 19.03.2021).

Список литературы на английском языке / References in English

1. Agrokhimicheskie metody issledovaniya pochv [Agrochemical methods of soil research]. - M.: Nauka, 1975. - 656 p. [in Russian]

2. Andreeva T. A. Integral'naya ocenka vozdeystviya nefljanogo zagrjazneniya na parametry khimicheskogo i biologicheskogo sostojaniya pochv taehznoj zony Zapadnoj Sibiri [Integral assessment of the impact of oil pollution on the parameters of the chemical and biological state of the soils of the taiga zone of Western Siberia]: extended abstract of Candidate's thesis. Biology: 03.00.27 / Andreeva Tatiana Anatolyevna. - Tomsk, 2005. - 15 p. [in Russian]

3. Gilyazov M. Yu. Izmenenie nekotorykh agrokhimicheskikh svoystv vyshhelochnogo chernozema pri zagrjaznenii ego nef'tju [Changes in some agrochemical properties of leached chernozem when it is contaminated with oil] / M. Yu. Gilyazov // Agrokhimija [Agrochemistry]. - 1980. - No. 12. - pp. 72-75 [in Russian]

4. Glazovskaya M. A. Metodologicheskie osnovy ocenki ehkologo-geokhimicheskoy ustojchivosti pochv k tekhnogennym vozdeystviyam [Methodological foundations for assessing the ecological and geochemical stability of soils to man-made impacts] / M. A. Glazovskaya – M., 1997. -102 p. [in Russian]

5. GOST 26207-91. Pochvy. Opredelenie podvizhnykh soedinenij fosfora i kalija po metodu Kirsanova v modifikacii CINAQ [Soil. Determination of mobile compounds of phosphorus and potassium by the Kirsanov method in the modification of the TsINAQ]. - M.: Committee for Standardization and Metrology of the USSR, 1991. - 7 p. [in Russian]

6. GOST 26213-91. Pochvy. Metody opredeleniya organicheskogo veshhestva [Soil. Methods of determination of organic matter]. - M.: Committee of Standardization and Metrology of the USSR, 1991. - 8 p. [in Russian]

7. GOST 26423-85. Pochvy. Metody opredeleniya udel'noj ehlektricheskoy provodimosti, rN i plotnogo ostatka vodnoj vytjazhki [Soil. Methods for determining the specific electrical conductivity, pH and dense residue of water extract]. - M. : State Standard of the USSR, 1984– 7 p. [in Russian]

8. GOST 26951-86. Pochvy. Opredelenie nitratov ionometricheskim metodom [Soil. Determination of nitrates by ionometric method]. - M. : USSR State Committee on Standards, 1986. - 10 p. [in Russian]

9. Dmitriev E. A. Matematicheskaya statistika v pochvovedenii [Mathematical statistics in soil science] / E. A. Dmitriev. - M. : Publishing house LIBROKOM, 2009. - 328 p. [in Russian]

10. Doklad. Sostojanie i okhrana okruzhajushhej sredy Arkhangel'skoj oblasti za 2020 god [Report. The state and environmental protection of the Arkhangelsk region for 2020] / edited by O.V. Perkhurova; GBU of the Arkhangelsk region "Center for Nature Management and Environmental Protection". - Arkhangelsk: SAFU, 2021. - 478 p. [in Russian]

11. Seidelman F. R. Podzolo- i gleeobrazovanie [Podzol and Gley Formation] / F. R. Seidelman. - M. : Nauka, 1974– 208 p. [in Russian]

12. Kireeva N. A. Vlijanie zagrjazneniya pochv nef'tju i nefteproduktami na chislennost' i vidovoj sostav mikromicetov [The influence of soil pollution by oil and petroleum products on the number and species composition of micromycetes] / N. A. Kireeva, N. F. Galimzyanova // Pochvovedenie [Soil science]. - 1995. - No. 2. - pp. 211-216 [in Russian]

13. Kolesnikov S. I. Biodiagnostika ehkologicheskogo sostojaniya pochv, zagrjaznennykh nef'tju i nefteproduktami [Biodiagnostics of the ecological state of soils contaminated with oil and petroleum products] / S. I. Kolesnikov, K. Sh. Kazeev, V. F. Valkov, et al. - Rostov-on-Don: Publishing house ZAO Rostizdat, 2007. - 192 p. [in Russian]

14. Kuvshinskaya L. V. Tekhnogenez pri dobyche nef'ti [Technogenesis in oil production] / L. V. Kuvshinskaya, G. A. Voronov, S. A. Buzmakov // Geochemistry of the biosphere : theses from the III international conference, Rostov-on-Don. Publishing house of the Rostov University. - 2001. - p. 215 [in Russian]

15. Piskunov A. C. Metody agrokhimicheskij issledovaniy [Methods of agrochemical research] / A. S. Piskunov. - M. : KolosS, 2004– 312 p. [in Russian]

16. MON-F 16.1.21-98. Metodika vypolneniya izmerenij massovoj doli nefteproduktov v probakh pochv fluorimetricheskim metodom na analizatore zhidkosti «Fljuorat – 02» [Methodology for measuring the mass fraction of petroleum products in soil samples by the fluorimetric method on the liquid analyzer "Fluorat - 02"]. - M.: NPF "Lyumeks", 1998. - 17 p. [in Russian]

17. Popova L. F. Stepen' zagriznenija pochv nefteproduktami kak pokazatel' vozdejstvija avtotransporta [The degree of soil contamination with petroleum products as an indicator of the impact of motor transport] / L. F. Popova, A. A. Mikhailova, N. E. Trufanova // *Ehkologicheskie problemy chelovechestva: sbornik materialov II Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii* [Ecological problems of mankind: proceedings of the II International Scientific and practical Conference] / Russian State Agrarian University, M. - 2009. - pp. 56-59 [in Russian]
18. Prikaz Ministerstva prirodnnykh resursov i ehkologii Rossijskoj Federacii ot 08.07.2010 № 238 «Ob utverzhdenii Metodiki ischislenija razmera vreda, prichinnogo pochvam kak ob"ektu okhrany okruzhajushhej sredy» [Order of the Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation No. 238 dated 08.07.2010 "On approval of the Methodology for calculating the amount of damage caused to soils as an object of environmental protection"] [Electronic resource] - URL: <http://docs.cntd.ru/document/902227668> (accessed: 03/19/2021) [in Russian]
19. Rasporjazhenie Pravitel'stva RF ot 08.07.2015 №1316-r «Ob utverzhdenii perechnja zagriznjajushhikh veshhestv, v otnoshenii kotorykh primenjajutsja mery gosudarstvennogo regulirovanija v oblasti okhrany okruzhajushhej sredy» [Decree of the Government of the Russian Federation dated 08.07.2015 No. 1316-r "On approval of the list of pollutants in respect of which state regulation measures in the field of environmental protection are applied"] [Electronic resource] - URL: <http://docs.cntd.ru/document/420286994> (accessed: 03/19/2021) [in Russian]
20. SanPiN 1.2.3685-21 Gigienicheskie normativy i trebovanija k obespečeniju bezopasnosti i (ili) bezvrednosti dlja cheloveka faktorov sredy obitanija [SanPiN (Sanitary Regulations and Norms) 1.2.3685-21 Hygienic standards and requirements for ensuring the safety and (or) harmlessness of environmental factors for humans] [Electronic resource] - URL: <http://docs.cntd.ru/document/573500115> (accessed: 03/19/2021) [in Russian]
21. Seredina V. P. Neftezagriznennye pochvy: svojjstva i rekul'tivacija [Oil-contaminated soils: properties and recultivation] / V. P. Seredina, T. A. Andreeva, T. P. Alekseeva, et al. - Tomsk : TPU Publishing House, 2006. - 270 p. [in Russian]
22. Solntseva N. P. Zakonomernosti migracii nefti i nefteproduktov v pochvakh lesotundrovyykh landshaftov Zapadnoj Sibiri [Regularities of oil and petroleum products migration in soils of forest-tundra landscapes of Western Siberia] / N. P. Solntseva, A. P. Sadov // *Pochvovedenie* [Soil science]. - 1998. - No. 8. - pp. 996-1008 [in Russian]
23. Trofimov S. Ya. Vlijanie nefti na pochvennyj pokrov i problema sozdanija normativnoj bazy po vlijaniju neftezagriznenija na pochvy [The impact of oil on the soil cover and the problem of creating a regulatory framework for the impact of oil pollution on soils] / S. Ya. Trofimov, Ya. M. Ammosova, D. S. Orlov, et al. // *Vestnik Moskovskogo universiteta. Ser. 17. Pochvovedenie* [Bulletin of the Moscow University. Series 17. Soil science]. - 2000. - No. 2. - pp. 30-34 [in Russian]
24. Chernikov V. A. Ustojchivost' pochv k antropogennomu vozdejstvu [Soil resistance to anthropogenic impact] / V. A. Chernikov, N. Z. Mikhashchenko, O. A. Sokolov. - Pushchino : ONTI PNC RAS, 2001. - 200 p. [in Russian]
25. Chibisova N. V. Praktikum po ehkologicheskoy khimii: uchebnoe posobie [Workshop on environmental chemistry: a manual] / N. V. Chibisova. - Kaliningrad : Kaliningrad University, 1999. - 94 p. [in Russian]
26. Mirjani M. Toxicity assessment of total petroleum hydrocarbons in aquatic environments using the bioluminescent bacterium *Aliivibrio fischeri* / M. Mirjani, M. Soleimani, V. Salari // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. - 2021. V. 207. - № 111554. [Electronic resource] – URL: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111554>. (accessed: 19.03.2021).
27. Wang X. Microbial communities in petroleum-contaminated seasonally frozen soil and their response to temperature changes / Wang X., Guan X., Zhang X. et al. // *Chemosphere*. - 2020. V. 258. - № 127375. [Electronic resource] – URL: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127375>. (accessed: 19.03.2021).

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2021.113.11.050>**ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ ПОПУЛЯЦИЙ *EISENIA FOETIDA* В СУБСТРАТЕ ИЗ КОРОВЬЕГО И КОНСКОГО НАВОЗА ПРИ ВЕРМИКОПОСТИРОВАНИИ**

Научная статья

Лящев А.А.^{1,*}, Прок И.А.²¹ ORCID: 0000-0002-3761-7587;^{1,2} Государственный аграрный университет Северного Зауралья, Тюмень, Россия

* Корреспондирующий автор (laa_2003[at]rambler.ru)

Аннотация

При исследовании динамики численности популяций дождевых компостных червей в субстрате из навоза крупного рогатого скота и лошадей были показаны основные результаты. Данная проблема представляет научный интерес и имеет важное практическое значение в связи с утилизацией органических отходов животноводства в условиях Тюменского региона. Управление органическими отходами животноводства имеет несколько важных аспектов, так как отходы животноводства содержат минеральные элементы в труднодоступной форме. Вермикомпостирование ускоряет процессы извлечения этих веществ и поглощения их растениями. Цель работы – изучить рост, репродуктивную биологию, жизненный цикл и динамику численности дождевого червя *Eisenia fetida* в условиях Тюменской области. Полученные данные исследований по изучению роста и развития популяции дождевых компостных червей в субстрате из навоза крупного рогатого скота и лошадей свидетельствуют, что пик репродуктивной активности червей начинается после второй недели адаптации к новому субстрату, второй подъем численности коконов происходит после 15-й недели развития, вылупление ювенильных стадий начинается после 4-й недели развития, а резкий подъем численности – на 18-й неделе. Подъем численности взрослых червей отмечается после 10 недель развития коконов и ювенильных стадий. После 16 недели взрослые стадии достигали половой зрелости и начали дополнительно откладывать коконы. Это отмечено по резкому подъему численности коконов, а затем и ювенильных стадий.

Ключевые слова: вермиккультура, вермитехнологии, дождевые компостные черви, ювенильные стадии, коконы, динамика численности, структура популяций.

DYNAMICS OF THE NUMBER OF POPULATIONS OF *EISENIA FOETIDA* IN A SUBSTRATE OF COW AND HORSE MANURE DURING VERMICOMPOSTING

Research article

Lyashchev A.A.^{1,*}, Prok I.A.²¹ ORCID: 0000-0002-3761-7587;^{1,2} Northern Trans-Ural State Agricultural University, Tyumen, Russia

* Corresponding author (laa_2003[at]rambler.ru)

Abstract

The current article demonstrates the main results from studying the dynamics of the number of populations of earth compost worms in a substrate of cattle and horse manure. This problem is of scientific interest and is of great practical importance in connection with the utilization of organic waste from animal husbandry in the conditions of Tyumen Oblast. The management of organic animal husbandry waste has several important aspects, since animal husbandry waste contains mineral elements in an inaccessible form. Vermicomposting accelerates the processes of extraction of these substances and their absorption by plants. The aim of the study is to examine the growth, reproductive biology, life cycle, and population dynamics of the *Eisenia fetida* earthworm in Tyumen Oblast. The data obtained from studies on the growth and development of the population of rain compost worms in a substrate of cattle and horse manure indicate that the peak of reproductive activity of worms begins after the second week of adaptation to a new substrate, the second rise in the number of cocoons occurs after the 15th week of development, the eclosion of juvenile worms begins after the 4th week of development, and a sharp rise in their number at the 18th week. The increase in the number of adult worms is noted after 10 weeks of cocoon development and juvenile worms. After week 16, the adult stages reached puberty and began to lay cocoons. This is noted by the sharp rise in the number of cocoons, and then the juvenile worms.

Keywords: vermiculture, vermitechnology, rain compost worms, juvenile stages, cocoons, population dynamics, population structure.

Введение

Дождевые черви *Eisenia fetida* (Sav.) многие годы используются в вермикомпостировании. Эта экологическая биотехнология позволяет перерабатывать органические отходы. Она предлагает разложение органических отходов с участием популяции дождевых червей. Данный технологический процесс хорошо контролируется человеком, а его продуктами являются, как вермикомпост – полноценное удобрение, так и биомасса дождевого червя [1], [2]. Результаты вермикомпостирования зависят от многих абиотических и биотических факторов, например, от выбора пригодных видов дождевых червей. Во всем мире проводятся многочисленные исследования для выделения наиболее подходящих видов из семейства *Lumbricidae* [3], [4]. Особое внимание представляет вид *Eisenia fetida* (Sav.), который эффективно используется в процессе вермикомпостирования благодаря скорости размножения и скорости переработки органических отходов. Этот вид, характеризуется относительно коротким жизненным циклом, быстрыми темпами роста, эффективным размножением и большим количеством перерабатываемого органического вещества [5].

Предыдущие исследования показали различия в чувствительности к субстратам [6], а также некоторые особенности получаемого биогумуса [2].

Loh et al. [7] сообщили о более высокой продукции кокона и увеличении веса *E. fetida* в отходах крупного рогатого скота, чем в отходах коз. Gunadi, Edwards [8] изучили рост, размножение и смертность *E. fetida* в течении года в твердых навозах, свином навозе и твердых отходах супермаркетов. Осмысление роста, репродуктивной функции дождевых червей и эффективности вермикомпостирования в различных субстратах имеет важное значение для результативного использования их в устойчивой системе управления отходами [9].

Большим количеством отходов можно управлять через большую популяцию дождевых червей [10]. Размножение, рост и производительность различных видов дождевых червей в субстратах могут выступать в качестве биомаркеров для измерения эффективности вида дождевых червей в вермикомпостировании [3]. Neuhauser et al. [11] сообщили о том, что увеличение веса *Eisenia fetida* положительно коррелирует с типом питания. Аналогично, Nath et al. [12], [13] также описали субстраты, которые обеспечивают дождевых червей достаточным количеством легко усваиваемого органического вещества, облегчающего рост и размножение.

В связи с вышеизложенным, целью настоящего исследования является изучение роста, репродуктивной биологии, жизненного цикла и изменения плотности компостных червей *Eisenia fetida*.

Материалы и методики исследования

В экспериментах по переработке навоза КРС и лошадей применяли компостного червя *Eisenia fetida* Savigny (*Lumbricidae*) [15], технологичного и приспособленного для вермикомпостирования органических остатков. Молодые экземпляры *Eisenia fetida*, массой 200-250 мг в живом весе, случайным образом отбирали из нескольких маточных культур, содержащих по 1000-2000 дождевых червей в каждой, выдерживали в лаборатории с навозом КРС и конского в качестве культурального материала. Для вермикультивирования использовали пластиковые контейнеры размером 0,6 x 0,4 x 0,3 м, в которые постепенно добавляли кормовой субстрат.

Свежие отходы коров, лошадей были собраны с животноводческих ферм, расположенных в окрестностях города Тюмени. Навоз состоял из смеси фекалий и мочи без какого-либо подстилочного материала. Субстрат перед использованием на корм червям предварительно измельчали.

Факторами климата для разведения данных объектов являются – влажность – 89-85%, температура – 18-22°C и активная аэрация. В процессе эксперимента проводили наблюдение за факторами среды субстрата. Регуляция их проводилась в течении всего эксперимента. Петроченко К.А и др. [15] отмечают, что черви большую часть кислорода усваивают из воздуха, находящегося в субстрате.

Способности адаптации компостных червей определяли по некоторым показателям: по активности и скорости движения червей в субстратах и их цветовой гамме, количеству особей определенных стадий. Учеты плотности изучаемых объектов в экспериментах проводили после 2, 4, 9, 15 и 21 недель развития. Пробы отбирали пробниками размером 10 x 10 см. Учет численность осуществляли имаго, неполовозрелых особей и коконов. Структуру популяции рассчитывали по соотношению всех стадий развития.

Известно, что яйцеклетки в коконах очень чувствительны к температуре и влажности, поэтому их выдерживали в стабильных и оптимальных условиях (20-23°C и 77 - 80%) [26]. Температура и влажность измерялись электронными датчиками в сосудах для инкубации.

Субстрат для компостных червей – это один из главнейших моментов в вермитехнологии [14]. Подготовка субстрата происходит с участием воды, кислорода, температуры под воздействием микроорганизмов и грибов (актиномицетов). а в результате происходит ферментация органического вещества [16]. Органика является основой для субстрата, как биологически активное вещество.

Навоз КРС и лошадей закладывали в измельченном виде и заливали экстрактом биогумуса. Через 12-18 дней в подготовленный субстрат закладывали эксперимент в 4-х повторностях.

Статистическую обработку данных проводили с использованием пакета ПО MS Office 2016.

Результаты исследований и их обсуждение

В подготовленный навоз КРС и лошадей внедряли по 5000 половозрелых червей из расчета на 1 м². В течении двух недель проводили наблюдение за абиотическими факторами, которые поддерживались в оптимальном состоянии. К концу второй недели было зарегистрировано появление коконов, размером 2-3 мм. После двухнедельного роста червей и выявления коконов было проведено первое детальное изучение субстратов. В результате проведенных учетов было выявлено, что началась активная откладка коконов, как в субстрате из навоза КРС (3072,8±90,9 шт/м²), так и в субстрате из конского навоза (2995,7±103,2 шт/м²) (t=0,54) (табл.). Таким образом, нами было выявлено, что к концу второй недели, как в одном субстрате, так и в другом примерно 60% червей отложили по одному кокону. Для проверки продуктивности коконов, которые были отложены молодыми червями с небольшой биомассой после двух недель развития в субстратах из навоза КРС и конского навоза, проведено индивидуальное воспитание коконов. Кокон собирали и помещали в полости в микропланшетах в пластиковых чашках, наполненном дистиллированной водой, для наблюдения за количеством отродившихся детенышей. Наблюдения показали, что коконы полученные на субстрате из навоза КРС имеют продуктивность 0,9±0,1 детенышей на 1 кокон, а на субстрате из конского навоза 0,85±0,1 детенышей на 1 кокон, т.е. первые коконы небольшого размера могут содержать в среднем по одной яйцеклетке.

Через четыре недели роста червей, их биомасса увеличилась в среднем на 25-28%, но в результате, произошло увеличение и размеров коконов (3-5 мм). В конце 4 недели были вновь проведены учеты численности коконов, а также неполовозрелых стадий развития. При изучении отмечен значительный рост численности коконов в субстрате из навоза КРС (12976,5 шт/м²) и появление первых ювенильных стадий (4235,4 шт/м²). Во втором эксперименте с субстратом конского навоза, численность коконов немного меньше (12236,6 шт/м²) (t=1,27) почти на 6%, чем в первом

эксперименте, а неполовозрелых стадий ($4195,6 \text{ шт/м}^2$) ($t=0,22$) – меньше на 1% (табл.). Коконы полученные на субстрате из навоза КРС имеют продуктивность $1,8 \pm 0,2$ детенышей / кокон, а на субстрате из конского навоза $1,6 \pm 0,1$ ($t=0,9$) детенышей / 1 кокон, вероятно большинство коконов небольшого размера могут содержать в среднем по два детеныша.

Таблица 1 – Численность коконов, молодых и взрослых особей компостных червей в разные сроки опыта

Субстрат	Коконы, шт/м ²	Ювенильные стадии, шт/м ²	Взрослые черви, шт/м ²
через две недели			
Навоз КРС	$3073,8 \pm 90,9$	-	5000
Конский навоз	$2995,7 \pm 103,2$	-	5000
Через четыре недели			
Навоз КРС	$12976,5 \pm 429,3$	$4235,4 \pm 124,5$	$4985,3 \pm 7,3$
Конский навоз	$12236,6 \pm 390,2$	$4195,6 \pm 132,7$	$4979,5 \pm 9,8$
Через девять недель			
Навоз КРС	$15417,4 \pm 534,9$	$92152,4 \pm 3242,2$	$4949,3 \pm 24,6$
Конский навоз	$14875,9 \pm 525,7$	$89917,6 \pm 3107,1$	$4947,2 \pm 24,9$
Через пятнадцать недель			
Навоз КРС	$19676,3 \pm 635,2$	$143541,1 \pm 4735,1$	$75814,9 \pm 2510,8$
Конский навоз	$19105,3 \pm 614,4$	$140917,5 \pm 4776,9$	$72875,6 \pm 2383,9$
Через двадцать одну неделю			
Навоз КРС	$134071,7 \pm 4714,1$	$452467,8 \pm 15908,7$	$224271,9 \pm 7789,2$
Конский навоз	$131015,9 \pm 4476,8$	$442683,9 \pm 15047,0$	$217978,1 \pm 7371,9$

К середине эксперимента в варианте с субстратом из навоза КРС численность коконов возросла ($15417,4 \text{ шт/м}^2$) более, чем на 18% по сравнению с предыдущим учетом. Коконы были отмечены в основном средние, размер их колебался в пределах 4-5 мм, и в таких коконах отмечено от 4 до 6 яиц. За 5 недель, как начали вылупляться неполовозрелые формы, произошло резкое увеличение численности незрелых особей до $92152,4 \text{ шт/м}^2$ (в 21.8 раза), причём скорость вылупления ювенильных форм на субстрате из навоза КРС каждую неделю ускорялась. В тому же, это подтверждается тем, что из одного кокона в среднем вылуплялось 3-7 особей ювенильных стадий. Рост численности взрослых червей в данное время не был отмечен.

В субстрате из конского навоза плотность коконов возросла ($14875,9 \text{ шт/м}^2$) ($t=0,72$) на 21,6% по сравнению с предыдущим учетом. Коконы в этом субстрате, также были отмечены в основном средние, размер их колебался в пределах от 3 до 6 мм, а в таких коконах, как уже отмечалось, обычно находится от 3 до 6 яйцеклеток. За пять недель до того, как начали вылупляться неполовозрелые формы, в этом субстрате, также произошло резкое увеличение численности незрелых особей ($89917,6 \text{ шт/м}^2$) ($t=0,4$) (в 21.6 раза). Скорость вылупления незрелых форм на субстрате из конского навоза с каждой неделей ускорялась. Этим еще раз подтверждается, что из одного кокона в среднем вылупляется 3-6 особей ювенильных стадий.

Анализируя изменение динамических процессов плотности компостных червей через 15 недель на субстрате из навоза КРС и конского нами замечено, что плотность коконов в обеих субстратах ($19676,3$ и $19105,3 \text{ шт/м}^2$, соответственно) ($t=0,7$) через шесть недель увеличилась только на 27,6% и 21,6%, по сравнению с предыдущим периодом роста, т.е она увеличивалась с 3,8% до 4,6% в неделю. Размеры коконов в субстрате КРС и конском зарегистрированы в основном средние, в пределах от 5 до 7 мм, и из этих коконов выходило от 4 до 7 детенышей. Ювенильные черви в данный период появлялись медленнее, чем в предыдущий период развития, т.е. увеличение численности ($143541,1$ и $140917,5 \text{ шт/м}^2$, соответственно) ($t=0,4$) произошло только на 55,8% и 63,8%, в то время, как численность взрослых червей с одиннадцатой недели начала повышаться и к концу пятнадцатой их численность ($75814,9 \text{ шт/м}^2$ и $72875,6 \text{ шт/м}^2$, соответственно) ($t=0,9$) увеличилась в 15,3 и 14,7 раза при сравнении с предыдущим учетом плотности. Вероятно, такое резкое повышение плотности взрослых червей является следствием подъема плотности неполовозрелых стадий, которое наблюдалось шесть недель назад.

При наблюдении за динамическими процессами плотности компостных червей через 21 неделю на субстратах из навоза КРС и конского было замечено, что плотность коконов на 16 неделе стала резко увеличиваться и к концу двадцать первой недели достигло более 130 тысяч штук на м^2 ($t=0,5$) (в 6.8 раза), точно такая же ситуация происходит, и в субстрате из конского навоза. Всего вероятнее, это произошло из-за увеличения плотности взрослых червей, у которых состоялся подъем плотности 6 недель назад. Также было зарегистрировано, что при высокой плотности червей происходит постепенное снижение отложенных коконов на одного червя (от 1,2 до 1,8 шт.). Коконы в данном субстрате были зафиксированы в основном средних и больших размеров, которые колебались в пределах от 3 до 8 мм, и из этих коконов выходило от 1 до 8 детенышей. Также следует заметить, что произошел резкий подъем численности ювенильных стадий в субстратах из навоза КРС и конского ($452467,8$ и $442683,9 \text{ шт/м}^2$, соответственно) ($t=0,45$) – в 3.1 раза. При учете взрослых червей нами отмечено, что их численность к концу двадцать первой недели резко поднялась в обеих субстратах - в 3.0 раза.

Этот эксперимент отличался от экспериментов, описанных большинством других авторов [17], [18], [22], [23], тем, что в качестве субстратов использовались отдельные виды органических отходов, а не смеси отходов.

Согласно Neuhauser et al. (11, 24) и Jefferies and Audsley (25), закономерности роста *E. fetida* в отходах животноводства являются логистическими; где рост червей замедляется, когда образцы достигают зрелости. Рост *E. fetida* в первом и во втором субстратах данного эксперимента, также следовали логистической схеме роста. Рост

дождевых червей в субстратах крупного рогатого скота и лошадей с предварительным компостированием субстратов имел сходные закономерности.

Полученные данные экспериментов по изучению динамических процессов плотности популяции компостных червей в субстрате из навоза КРС и конского указывают, что подъем репродуктивной активности половозрелых червей начинается после двух недель адаптации к новому субстрату, затем идет процесс стабилизации и только после 15 недели наступает второй подъем плотности коконов при постоянном кормлении. Коконы зафиксированы в начальный период небольших размеров, а концу эксперимента в основном средних и больших размеров, которые колебались в пределах от 2-3 до 5-8 мм, и соответственно из этих коконов выходило от 1 до 8 детенышей. Большой размах размеров коконов говорит нам, о том, что к взрослым развитым червям присоединились молодые половозрелые черви, которые начинают появляться после 15 недель развития.

Рождение неполовозрелых стадий начинается после 4 недели развития и стабилизируется к 10 неделе. Этот процесс проходит более 7 недель, что вероятно, он связан с периодом перехода неполовозрелых стадий во взрослые особи. После 16 недели, вновь начинается подъем плотности неполовозрелых стадий.

При изучении динамических процессов роста половозрелых особей, было замечено, что подъем плотности взрослых особей начинается после 11 недель развития яйцеклеток и неполовозрелых особей. После четырех-пяти недель роста половозрелые особи начинают откладывать коконы. Это также выявлено, исходя из нового подъема плотности коконов.

Таким образом, отмечается, что развитие популяции компостных червей на субстрате из навоза КРС и конского происходит почти одинаково, исходя из соотношения между плотностью отдельных стадий развития. Так, например, на 9 неделе эксперимента отмечено соотношение коконы : неполовозрелые особи : взрослые особи: 3 : 18,2 : 1. К концу эксперимента т.е. на 21 неделе соотношение в структуре популяции поменялось следующим образом: 1 : 3,4 : 1,6., а это согласуется и с результатами на субстрате из газонной травы обработанной экстрактом биогумуса [16]. Все это доказывает, что с постепенным развитием популяции соотношение стадий развития принимает более естественное положение.

Выводы

Первый подъем репродуктивной активности дождевых компостных червей в субстрате из навоза КРС и лошадей начинается после 2 недель адаптации к субстрату и к 5 неделе резкий подъем начинает стабилизироваться, подъем численности коконов до конца 14 недели идет постепенно, а после 15-й недели наступает второй подъем численности коконов.

Вылупление ювенильных стадий начинается после 4 недели развития популяции и продолжается до 10 недели, а затем интенсивность роста численности начинает снижаться и стабильно идет до 18 недели. Этот процесс продолжается почти 9 недель и, вероятно, связан с периодом перехода ювенильных стадий во взрослые стадии. После этого начинается резкий подъем численности ювенильных стадий.

Подъем численности взрослых особей происходит после 10 недели развития ювенильных стадий, а после 16 недели взрослые стадии достигают половой зрелости и начинают дополнительно откладывать коконы.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Dominguez J. Relationships between Composting and Vermicomposting. In: Vermiculture technology. Earthworms, organic wastes and environmental management / J. Dominguez, C.A. Edwards. // CRC. Taylor and Francis Group. Press. Boca Raton. London, New York, -2011b.-Vol. 2. - P. 11–25.
2. Kostecka J. Kitchen organic waste as material for vermiculture and source of nutrients for plants / J. Kostecka, M. Garczyńska, A. Podolak et al. // Journal of Ecological Engineering. -2018. - Vol. 19(6). P. 267–274.
3. Suthar S. Vermicomposting potential of *Perionyx sansibaricus* (Perrier) in different waste materials / S. Suthar // Bioresource Technology, -2007. – Vol. 98. – P. 1231–1237.
4. Lowe Ch.N. Current and Potential Benefits of Mass Earthworm Culture / Ch.N. Lowe, K.R. Butt, R.L. Sherman // Mass Production of Beneficial Organisms. Invertebrates and Entomopathogens. (Eds.) Morales-Ramos J., Rojas G., Shapiro-Ilan D.I. Academic Press of Elsevier – 2014. – P. 683–709.
5. Dominguez J. Biology and Ecology of Earthworm Species used for Vermicomposting. In: Vermiculture technology. Earthworms, organic wastes and environmental management / J. Dominguez, C.A. Edwards. CRC. Taylor and Francis Group. Press. Boca Raton. London, New York, - 2011a. – Vol. 3. – P. 27–40.
6. Jesikha M. Effect of Pongamia Leaf Medium on Growth of Earthworm (*Eudrilus eugeniae*) / M. Jesikha, M. Lekshmanaswamy // International Journal of Scientific and Research Publications. – 2013. – Vol. 3. - Is. 1. – P. 2250-3153.
7. Loh T.C. Vermicomposting of cattle and goat manures by *Eisenia foetida* and their growth and reproduction performance / T.C Loh, Y.C Lee, J.B Liang et al. // Bioresour Technol. – 2004. – Vol. 96. – Is. 1. – P. 111-114.
8. Gunadi B. The effects of multiple applications of different organic wastes on the growth, fecundity and survival of *Eisenia fetida* (Savigny) (Lumbricidae) / B. Gunadi, C.A. Edwards // Pedobiologia. – 2003. – Vol. 47. – Is. 4. – P. 321-330.
9. Appelhof M, Webster K, Buckerfield J (1996) Vermicomposting in Australia and New_Zealand / M. Appelhof, K. Webster, J. Buckerfield // BioCycle. – 1996. – Vol. 37. – P. 63-66.
10. Garg V.K. Vermistabilization of textile mill sludge spiked with poultry droppings by an epigeic earthworm *Eisenia foetida* / V.K. Garg, P. Kaushyk // Bioresource Technology. - 2005. – Vol. 96. - Is. 9. – P. 1063-1071.

11. Neuhauser E.F. Growth of the earthworm *Eisenia foetida* in relation to population density and food rationing / E.F. Neuhauser, R. Hartenstein, D.L. Kaplan. // OIKOS. – 1980. – Vol. 35. – Is. 1. – P. 93-98.
12. Nath S. Growth and reproduction of *Pontoscolex corethrurus* (Muller) with different experimental diets. / S. Nath, P.S. Chaudhuri. // Tropical Ecology. – 2014. – Vol. 55. – Is. 3. – P. 305-312.
13. Nath G. Effect of different combinations of animal dung and Agro/kitchen wastes on growth and development of earthworm *Eisenia fetida*. / G. Nath, K. Singh, D.K. Singh. // Austr J Basic Appl Sci. – 2009. – Vol. 3. – Is. 4. – P. 3553-3556.
14. Лящев А.А. Эффективность использования различных субстратов при вермикюльтивировании / А.А. Лящев // Агропродовольственная политика России. – 2013. – № 3. – С. 48-50.
15. Петроченко К.А. Вермикомпост на основе листового опада - перспективное кальциевое удобрение / К.А. Петроченко, А.В. Куровский, А.С. Бабенко и др. // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2015. – № 2 (30). – С. 20 - 34.
16. Прок И.А. Подготовка субстрата из газонной травы для вермикюльтивирования / И.А. Прок, А.А. Лящев // Коняевские чтения: сборник научных трудов VI Международной научно-практической конференции (13–15 декабря 2017 г.) – Екатеринбург: Уральский ГАУ. – 2018. – С. 20-23.
17. Tomlin, A. D. Development and fecundity of the manure worm, *Eisenia foetida* (Annelida: Lumbricidae), under laboratory conditions / A. D. Tomlin, J. J. Miller // In: Dindal, D. L. (ed) Soil Biology as Related to Land Use Practices. Office of Pesticides and Toxic Substances, EPA, Washington, D.C., pp. 673–678.
18. Chan, P. L. S. The vermicomposting of pre-treated pig manure / P. L. S. Chan, D. A. Griffiths // Biological Wastes 24, 57–69.
19. Haimi, J. Growth and reproduction of the compostliving earthworms *Eisenia andrei* and *E. fetida* / J. Haimi, // Revue d' Ecologie et de Biologie du Sol 27, 415–421.
20. Dominguez, J. Effects of stocking rate and moisture content on the growth and maturation of *Eisenia andrei* (Oligochaeta) in pig manure / J. Dominguez, C. A. Edwards, // Soil Biology and Biochemistry 29, 743–746.
21. Dominguez, J. Vermicomposting of sewage sludge: Effect of bulking materials on the growth and reproduction of the earthworm *Eisenia Andrei* / J. Dominguez, C. A. Edwards, M. Webster // Pedobiologia 44, 24–32.
22. Cluzeau, D. The adaptation value of reproductive strategy and mode in three epigeous earthworm species / D. Cluzeau, L. Fayolle, M. Hubert // Soil Biology and Biochemistry 24, 1309–1315.
23. Kaplan, D. L. Physicochemical requirements in the environment of the earthworm *Eisenia foetida* / D. L. Kaplan, R. Hartenstein, E. F. Neuhauser, et al. // Soil Biology and Biochemistry 12, 347–352.
24. Neuhauser, E. F. Material supporting weight gain by the earthworm *Eisenia fetida* in waste conversion systems / E. F. Neuhauser, D. L. Kaplan, M. R. Malecki, et al. // Agricultural Wastes 2, 43–60.
25. Jefferies, I. R. Apopulation model for the earthworm *Eisenia foetida* / I. R. Jefferies, E. Audsley, // In: Edwards, C. A., Neuhauser, E. F. (eds) Earthworms in Waste and Environmental Management. SPB Academic Publishing, The Hague, pp. 119–134.
26. Лящев А.А. Характеристика развития популяции дождевых компостных червей в субстрате из городских органических остатков / А.А. Лящев, И.А. Прок // Международный научно-исследовательский журнал – 2020. – № 11 (101). – С. 154-158.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Dominguez J. Relationships between Composting and Vermicomposting. In: Vermiculture technology. Earthworms, organic wastes and environmental management / J. Dominguez, C.A. Edwards. // CRC. Taylor and Francis Group. Press. Boca Raton. London, New York, -2011b.-Vol. 2. - P. 11–25.
2. Kostecka J. Kitchen organic waste as material for vermiculture and source of nutrients for plants / J. Kostecka, M. Garczyńska, A. Podolak et al. // Journal of Ecological Engineering. -2018. - Vol. 19(6). P. 267–274.
3. Suthar S. Vermicomposting potential of *Perionyx sansibaricus* (Perrier) in different waste materials / S. Suthar // Bioresource Technology, -2007. – Vol. 98. – P. 1231–1237.
4. Lowe Ch.N. Current and Potential Benefits of Mass Earthworm Culture / Ch.N. Lowe, K.R. Butt, R.L. Sherman // Mass Production of Beneficial Organisms. Invertebrates and Entomopathogens. (Eds.) Morales-Ramos J., Rojas G., Shapiro-Ilan D.I. Academic Press of Elsevier – 2014. – P. 683–709.
5. Dominguez J. Biology and Ecology of Earthworm Species used for Vermicomposting. In: Vermiculture technology. Earthworms, organic wastes and environmental management / J. Dominguez, C.A. Edwards. CRC. Taylor and Francis Group. Press. Boca Raton. London, New York, - 2011a. – Vol. 3. – P. 27–40.
6. Jesikha M. Effect of Pongamia Leaf Medium on Growth of Earthworm (*Eudrilus eugeniae*) / M. Jesikha, M. Lekshmanaswamy // International Journal of Scientific and Research Publications. – 2013. – Vol. 3. - Is. 1. – P. 2250-3153.
7. Loh T.C. Vermicomposting of cattle and goat manures by *Eisenia foetida* and their growth and reproduction performance / T.C Loh, Y.C Lee, J.B Liang et al. // Bioresour Technol. – 2004. – Vol. 96. – Is. 1. – P. 111-114.
8. Gunadi B. The effects of multiple applications of different organic wastes on the growth, fecundity and survival of *Eisenia fetida* (Savigny) (Lumbricidae) / B. Gunadi, C.A. Edwards // Pedobiologia. – 2003. – Vol. 47. – Is. 4. – P. 321-330.
9. Appelhof M, Webster K, Buckerfield J (1996) Vermicomposting in Australia and New_Zealand / M. Appelhof, K. Webster, J. Buckerfield // BioCycle. – 1996. – Vol. 37. – P. 63-66.
10. Garg V.K. Vermistabilization of textile mill sludge spiked with poultry droppings by an epigeic earthworm *Eisenia foetida* / V.K. Garg, P. Kaushyk // Bioresource Technology. - 2005. – Vol. 96. - Is. 9. – P. 1063-1071.
11. Neuhauser E.F. Growth of the earthworm *Eisenia foetida* in relation to population density and food rationing / E.F. Neuhauser, R. Hartenstein, D.L. Kaplan. // OIKOS. – 1980. – Vol. 35. – Is. 1. – P. 93-98.
12. Nath S. Growth and reproduction of *Pontoscolex corethrurus* (Muller) with different experimental diets. / S. Nath, P.S. Chaudhuri. // Tropical Ecology. – 2014. – Vol. 55. – Is. 3. – P. 305-312.

13. Nath G. Effect of different combinations of animal dung and Agro/kitchen wastes on growth and development of earthworm *Eisenia fetida*. / G. Nath, K. Singh, D.K. Singh. // Austr J Basic Appl Sci. – 2009. – Vol. 3. – Is. 4. – P. 3553-3556.
14. Ljashhev A.A. Jefferektivnost' ispol'zovanija razlichnyh substratov pri vermikul'tivirovanii [Efficiency of using various substrates in vermicultivation] / A.A. Ljashhev // Agroprodovol'stvennaja politika Rossii [Agri-food policy of Russia]. - 2013. - № 3. - P. 48-50 [in Russian].
15. Petrochenko K.A. Vermikompost na osnove listovogo opada - perspektivnoe kal'cievoe udobrenie [Vermicompost based on leaf litter is a promising calcium fertilizer] / K.A. Petrochenko, A.V. Kurovskij, A.S. Babenko et al. // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologija. [Bulletin of Tomsk State University. Biology.] - 2015. - № 2 (30). - P. 20 – 34 [in Russian].
16. Prok I.A. Podgotovka substrata iz gazonnoj travy dlja vermikul'tivirovanija [Preparation of a substrate from lawn grass for vermicultivation] / I.A. Prok, A.A. Ljashhev // Konjaevskie chtenija: sbornik nauchnyh trudov VI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii (13–15 dekabrja 2017 g.) – Ekaterinburg: Ural'skij GAU.[Konyaev readings: collection of scientific papers of the VI International Scientific and Practical Conference (December 13-15, 2017– - Yekaterinburg: Ural State University.) – 2018. - P. 20-23 [in Russian].
17. Tomlin, A. D. Development and fecundity of the manure worm, *Eisenia foetida* (Annelida: Lumbricidae), under laboratory conditions / A. D. Tomlin, J. J. Miller // In: Dindal, D. L. (ed) Soil Biology as Related to Land Use Practices. Office of Pesticides and Toxic Substances, EPA, Washington, D.C., pp. 673–678.
18. Chan, P. L. S. The vermicomposting of pre-treated pig manure / P. L. S. Chan, D. A. Griffiths // Biological Wastes 24, 57–69.
19. Haimi, J. Growth and reproduction of the compostliving earthworms *Eisenia andrei* and *E. fetida* / J. Haimi, // Revue d' Ecologie et de Biologie du Sol 27, 415–421.
20. Dominguez, J. Effects of stocking rate and moisture content on the growth and maturation of *Eisenia andrei* (Oligochaeta) in pig manure / J. Dominguez, C. A. Edwards, // Soil Biology and Biochemistry 29, 743–746.
21. Dominguez, J. Vermicomposting of sewage sludge: Effect of bulking materials on the growth and reproduction of the earthworm *Eisenia Andrei* / J. Dominguez, C. A. Edwards, M. Webster // Pedobiologia 44, 24–32.
22. Cluzeau, D. The adaptation value of reproductive strategy and mode in three epigeous earthworm species / D. Cluzeau, L. Fayolle, M. Hubert // Soil Biology and Biochemistry 24, 1309–1315.
23. Kaplan, D. L. Physicochemical requirements in the environment of the earthworm *Eisenia foetida* / D. L. Kaplan, R. Hartenstein, E. F. Neuhauser, et al. // Soil Biology and Biochemistry 12, 347–352.
24. Neuhauser, E. F. Material supporting weight gain by the earthworm *Eisenia fetida* in waste conversion systems / E. F. Neuhauser, D. L. Kaplan, M. R. Malecki, et al. // Agricultural Wastes 2, 43–60.
25. Jefferies, I. R. Apopulation model for the earthworm *Eisenia foetida* / I. R. Jefferies, E. Audsley, // In: Edwards, C. A., Neuhauser, E. F. (eds) Earthworms in Waste and Environmental Management. SPB Academic Publishing, The Hague, pp. 119–134.
26. Lyashchev A.A. Harakteristika razvitiya populyacii dozhdevykh kompostnykh chervej v substrate iz gorodskih organicheskikh ostatkov [Characteristics of the development of the population of earth compost worms in the substrate from urban organic residues] / A.A. Lyashchev, I.A. Prok // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal [International Research Journal] – 2020. - № 11 (101). - P. 154-158 [in Russian].

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2021.113.11.051>**ОПИСТОРХОЗ: ВЫБОР ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ МОДЕЛИ
ДЛЯ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Научная статья

Сидельникова А.А.^{1,*}, Кувшинов Д.Ю.²¹ ORCID: 0000-0002-0384-0086;² ORCID: 0000-0003-2055-4724;^{1,2} Кемеровский государственный медицинский университет, Кемерово, Россия

* Корреспондирующий автор (alieva-alevtina[at]mail.ru)

Аннотация

Для оценки морфологических, генетических изменений, ранней диагностики и лечения описторхоза в эксперименте изучаются разные виды животных в качестве модели. Основным стандартом служат золотистые хомяки, но также исследования проводились у других видов грызунов – мышей, крыс, а также у кошек. Морфологические изменения у мелких животных могут приобретать иную картину ввиду разницы размеров анатомических структур и размеров паразита. Целью исследования являлась оценка пригодности грызунов (*Oryctolagus cuniculus*) как модельного животного, по сравнению с золотистыми хомяками (*Mesocricetus auratus*). Проведен сравнительный анализ клинических проявлений и гистологических изменений печени кроликов (n=16) и золотистых хомяков при инвазионной дозе – 50 метацеркариев *Opisthorchis felinus*. Клинические признаки инвазии у животных оценивали в течение 1 месяца после заражения, через 35 суток животных выводили из эксперимента и получали гистологический материал печени. Гистологические препараты окрашивали гематоксилин-эозином и изучали методом световой микроскопии. Клиническая картина у кроликов к 30 суткам, в отличие от золотистых хомяков, характеризовалась нарушением пигментации шерстяного покрова, бледностью слизистых оболочек, эрозивно-везикулярными поражениями кожи без алопеции. У кроликов была потеря массы на 12,5-14,28%, у золотистых хомяков наблюдался прирост массы. Поражение органа зрения у кроликов проявлялось как ангулярный фолликулярный конъюнктивит. У обоих видов животных отмечено наличие немотивированного агрессивного поведения. Морфологические изменения были схожи в расширении желчевыводящих путей, метаплазии и инфильтрации эпителия желчных протоков и разрастании аденоматозных структур, при этом у кроликов выявлено наличие мозаичности изменений, инфильтрации междольковой соединительной ткани, в отличие от золотистых хомяков. У обоих видов происходила дистрофия гепатоцитов, но у кроликов эти изменения были неравномерны и не сопровождалась некрозом. Таким образом, кролика можно считать пригодной и более чувствительной моделью для формирования описторхоза в эксперименте.

Ключевые слова: эксперимент, описторхоз, кролик, золотистый хомяк, модель.**OPISTHORCHIASIS: SELECTION OF AN EXPERIMENTAL MODEL FOR MORPHOLOGICAL STUDIES**

Research article

Sidelnikova A.A.^{1,*}, Kuvshinov D.Yu.²¹ ORCID: 0000-0002-0384-0086;² ORCID: 0000-0003-2055-4724;^{1,2} Kemerovo State Medical University, Kemerovo, Russia.

* Corresponding author (alieva-alevtina[at]mail.ru)

Abstract

The current article assesses morphological, genetic changes, early diagnosis and treatment of opisthorchiasis, different animal species as a model in the experiment. The main standard is golden hamsters, but studies have also been conducted in other rodent species such as mice, rats, and cats. Morphological changes in small animals may acquire a different quality due to the difference in the size of anatomical structures and the size of the parasite's marita. The aim of the study was to assess the suitability of rodents (*Oryctolagus cuniculus*) compared to golden hamsters (*Mesocricetus auratus*) as an animal models. The study conducts a comparative analysis of clinical manifestations and histological changes in the liver of rabbits (n=16) and golden hamsters at an invasive dose of 50 metacercariae of *Opisthorchis felinus*. Clinical signs of invasion in animals were evaluated within 1 month after infection, after 35 days the animals were removed from the experiment and histological liver material was obtained. Histological preparations were stained with hematoxylin-eosin and studied by light microscopy. By day 30, the clinical picture in rabbits, unlike golden hamsters, was characterized by a disturbance in the pigmentation of the coat, pallor of the mucous membranes, erosive-vesicular skin lesions without alopecia. The rabbits had a weight loss of 12.5-14.28%, while the golden hamsters had a weight gain. The lesion of the organ of vision in rabbits manifested itself as angular follicular conjunctivitis. The presence of unmotivated aggressive behavior was noted in both animal species. Morphological changes were similar in the expansion of the biliary tract, metaplasia and infiltration of the epithelium of the bile ducts and the proliferation of adenomatous structures; unlike golden hamsters, the rabbits also demonstrated the presence of mosaic changes, infiltration of interlobular connective tissue. In both species, hepatocyte dystrophy occurred; however, in the rabbits, these changes were uneven and were not accompanied by necrosis. The rabbit can be considered a suitable and more sensitive animal model for the formation of opisthorchiasis in the experiment.

Keywords: experiment, opisthorchiasis, rabbit, golden hamster, model.**Введение**

Золотистые хомяки являются наиболее популярным видом для моделирования описторхоза [1, С.155], [7, С.60], [19, С.10]. Недостатками проведения эксперимента на золотистых хомяках можно считать небольшой вес животного,

узкие желчевыводящие пути и маленький объем желчного пузыря. Размер мариты *Opisthorchis felineus* составляет 4-13 мм в длину и 1-3 мм в ширину, производят около 1000 яиц в сутки [12, С.126]. Кроме того размер мариты может варьировать в зависимости от вида хозяина (у хомячков больше, чем у собак и кошек) и от числа особей [11, С. 120], [16, С.67]. При этих биологических параметрах интоксикация наступает быстрее, ее проявления более выражены. Желчные протоки повреждаются в большей степени, быстрее происходит их окклюзия. При условии выбора для моделирования описторхоза кроликов как более крупных грызунов, комплекс морфологических изменений, подтверждающихся клинической картиной, представляется нагляднее. Оба вида животных относят к грызунам, имеющим в основном растительный рацион. Это характеризует данную модель как условную, поэтому может различаться реакцией организма на инвазию при ином типе отдельных метаболических процессов, отдельных структурно-функциональных особенностях органов и тканей. Тем не менее, в рационе кроликов может оказаться речная рыба или ее продукты, предлагаемая в качестве докорма ослабленным или лактирующим животным [2, С.47].

Методы и принципы исследований

Целью исследования являлась оценка пригодности грызунов (*Oryctolagus cuniculus*) как модельного животного, по сравнению с золотистыми хомяками (*Mesocricetus auratus*). Наблюдение проведено на животных (кролики, самцы половозрелого возраста) (n=16). Кролики были заражены перорально, в дозе по 50 метацеркариев *Opisthorchis felineus*, в утренние часы, натощак. Выделение метацеркариев из мышечной ткани рыб (язык и подязыки (*Leuciscus idus*)), полученных из р.Томь, проводили вручную, с помощью компрессориума. За счет этого определяли жизнеспособность личинок, отбирая лишь совершавших маятникообразные движения в капсуле. Обследование зараженных животных проводили через один месяц. Выбор срока обусловлен данными литературы, 3-5 часов миграции в желчевыводящие пути и развитие до мариты за 25-30 дней [3, С.178]. В качестве контроля использованы данные литературы, полученные у золотистых хомячков при той же степени заражения (50 метацеркариев) [7, С.60]. Морфологическое исследование печени проведено у животных, выведенных из эксперимента через 35 суток. Гистологические препараты изготавливали путем проведения через батарею спиртов восходящей концентрации, подготовкой к пластификатору с помощью ксилола ЧДА, пластификацией Гистомиксом, изготовлению ультратонких срезов, толщиной 4 мкм, с помощью санного микротомы, и последующим окрашиванием бихромным способом основным красителем гематоксилином Эрлиха, кислым красителем – водным раствором эозина. Завершение изготовления гистологических препаратов проведено дифференцировкой в ксилоле и заключением в полистерол. Изучение гистологических препаратов проведено путем световой микроскопии при увеличении $\times 40$, $\times 100$, $\times 400$ на световом микроскопе Primo Star Zeiss (Германия).

Основные результаты и обсуждение

Через месяц после заражения для подтверждения выбран лабораторный метод исследования кала на обнаружение яиц паразитов. Методами Като-Миура и Рагасер установлено наличие яиц в экскрементах при трехкратном анализе. Положительный результат подтверждает, что паразит развивается до состояния мариты в организмах данных животных. Соответственно, новая модель, кролик, как и золотистый хомяк, подходит для моделирования данного типа инвазии.

Одним из отличий дизайна эксперимента послужило то, что метацеркарии описторхов в нашем эксперименте не имели повреждений, так как животные получали неинцистированные личинки. Важно то, что они попадали в желудок кроликов сразу, без предварительной инцистирования в искусственном желудочном соке. Вероятно, эндогенные факторы организма способствуют повышению двигательной активности личинок, тогда как искусственная среда может несколько снижать эти показатели, хотя это может оставаться предметом исследований.

При клиническом осмотре было установлено появление везикулярного поражения кожи с локализацией только на спине, по боковым поверхностям вдоль позвоночника. Данных об аналогичном поражении кожных покровов у хомячков нет. Однако, даже без лечения у кроликов происходит некоторое восстановление кожных покровов после месяца инвазии. Уже после 34 суток мы наблюдали эпителизацию дефектов и их частичное отсутствие. Однако, полное исчезновение везикул, язв и трещин наблюдается в течение 1,5-2 месяцев. Инвазия у кроликов сопровождается аллергическим компонентом, что подтверждается кожным зудом в основном в области микроциркуляторного русла – на ушах [14, С.376]. У хомячков, как иной модели описторхоза, происходили изменения в виде облысения спустя 30 суток после заражения [7, С. 62]. Аллопеции у кроликов в пределах того же срока не отмечали.

После первого месяца инвазии у кроликов отмечали потерю пигментации волосяного покрова, что характеризует нарушение пигментного обмена, проявляемого в нарушении накапливать стержневой частью волоса меланин и его осветление. Возможно, это связано с нарушением способности накапливать кератиноцитами пигмента. Причиной нарушения пигментации также может быть поражение меланоцитов матрицы волоса, так и угнетение в них синтеза пигмента под влиянием эндокринных изменений.

Однако, у животных была отмечена потеря массы тела на 12,5-14,28% в течение первого месяца инвазии. У мышшей и хомячков через 30 суток после заражения, напротив, был обнаружен прирост массы тела, хотя и в незначительных значениях; у последних в меньшей степени [1, С.158].

Кроме того, отмечались проявления со стороны слизистых оболочек полости рта – выраженная бледность слизистой части губ, щек, десен, языка, причиной чего была лабораторно-подтвержденные гипохромная анемия, пойкилоцитоз. При этом, анизоцитоз для кроликов является вариантом нормы.

Со стороны органов зрения у кроликов отмечался аллергический ангулярный конъюнктивит с формированием фолликулов, гиперемией конъюнктивы преимущественно верхнего века [15, С.80]. Конъюнктивита нижнего века не имела подобных изменений, хотя пути оттока, как правило, способствуют его патологическим изменениям при вирусных или бактериальных инфекциях. У хомячков поражение органов зрения большинством авторов не

рассматривались, вероятно, ввиду небольших размеров органа зрения или из-за скудности проявлений такие изменения оставались незамеченными.

Также у зараженных животных было обнаружено изменение поведения, проявляемое в виде агрессии на привычные раздражители, быстро меняющееся на угнетенное состояние. У золотистых хомячков в тот же срок отмечались адинамия и агрессивность [5, С.167]. Вероятно, это проявление нейроинтоксикации, провоцируемое распадом собственных клеток и выделяемых эндотоксинов, в некоторой степени – самим паразитом. Особую роль при поражении ЦНС играет аммиак как важнейший нейротоксический медиатор [10, С. 46]. Его существенное образование происходит в печени вследствие дезаминирования аминокислот [4, С. 5-7]. В меньшей степени аммиак участвует в синтезе глутамина в перивенозных гепатоцитах [9, С. 43]. Также при раннем поражении печени, как известно, происходит латентная печеночная энцефалопатия [17, С. 690], проявления которой со стороны нервной системы довольно относительные и дискуссионные.

Важно отметить, что при описторхозе у кроликов отмечали изменение пищевого поведения, что является признаком идиосинкразии. Так, в ранние сроки наблюдения животные предпочитали корм богатый белками, а к концу срока наблюдения предпочитали растительные корма. У хомячков признаки нарушения пищевого поведения в научной литературе не встречаются.

При изучении гистологических препаратов печени животных обнаружен ряд структурных изменений. Междольковая соединительная ткань окружала печеночные дольки по периметру, в ней обнаружены как тонкие коллагеновые волокна, так и грубые широкие пучки волокон, расцененные как гипертрофия. В ней обнаружена полиморфно-клеточная инфильтрация. В составе инфильтрата диагностировались лимфоциты, гигантские многоядерные клетки, сегментоядерные нейтрофилы, плазматические и тучные клетки. Тучные клетки имели частичную дегрануляцию цитоплазмы. У значительно расширенных желчных протоков портальных трактов отмечено наличие сформированных мелких коллатералей – протоков малого калибра. Изменение эпителия междольковых желчных протоков характеризовалось участками лимфоцитарной инфильтрации, метаплазии, чередующиеся с неизмененными участками эпителия. В стенке некоторых из протоков обнаружены клетки типа мукоцитов слюнных желез. Они имели светлую цитоплазму, высокопризматическую форму, плоское ядро в базальном полюсе. Расположение в стенке желчного протока мукоцитоподобных клеток отмечали по типу секреторных концевых отделов. Выявлялись изменения размеров ядра гепатоцитов в виде микроядер, а также двуядерные клетки с гипохромией второго ядра. В цитоплазме отдельных гепатоцитов отмечалось отсутствие оксифильной зернистости, окраска цитоплазмы других гепатоцитов отсутствовала. Неравномерное изменение гепатоцитов наблюдали лишь в области периферии дольки, при сохранности гепатоцитов центральной части. Визуально фиксировалось уменьшение размеров гепатоцитов за счет расширенных синусоидных капилляров, в других участках органа отмечена сохранность структур.

Гистологическое исследование печени золотистых хомячков в тот же срок обнаруживало сходные изменения: расширенные желчевыводящие протоки, метаплазию эпителия желчных протоков, наличие аденоматозных структур [1, С.161], [18, С. 934]. Однако, в этом случае, отсутствовала мозаичность изменений в протоках, как у кроликов. Кроме того у хомячков выявлялась только инфильтрация желчных протоков [13, С. 16], тогда как у кроликов инфильтрация была как в междольковой соединительной ткани, так и в эпителии желчных протоков. В гепатоцитах хомячков обнаружены признаки дистрофии, увеличение числа одноядерных и двуядерных клеток, некроз [8, С.80]. У кроликов изменения ядер и цитоплазмы были неравномерны, клетки с измененным ядерным аппаратом и цитоплазмой чередовались с клетками без выраженных структурных изменений, некроз отсутствовал.

Неравномерные изменения долек печени, портальных трактов или эпителия протоков у кроликов могли быть связаны с постепенным развитием структурно-функциональных нарушений в сроки наблюдения. Морфологическая перестройка гепато-билиарной системы тесно связано с патогенезом описторхоза, где пусковыми факторами являются и молекулы, выделяемые паразитом, и воспалительные, иммунопатологические, молекулярно-генетические механизмы хозяина [20, С. 97]. Через 4 недели после заражения невозможно утверждать только об одном типе морфологических изменений в печени и желчевыводящих путях ввиду длящейся структурной перестройкой, связанной с репаративной регенерацией, дифференцировкой клеток. Исходя из этого, кролики по сравнению с хомячками являются более чувствительной моделью по отношению к влиянию паразита. Аналогичные изменения с высокой долей вероятности происходят и у человека, постепенно приводя к структурным изменениям желчевыводящих протоков и самого органа [6, С. 125]. Это объясняет переход процесса в хроническую фазу, при которой постепенно вовлекаются все новые участки органа.

Заключение

При относительной сходности клинических проявлений кролик является более восприимчивым организмом, чем золотистый хомяк, о чем свидетельствуют выраженные аллергические реакции кожи и слизистых органа зрения, специфические кожные изменения, идиосинкразии при экспериментальном описторхозе. Гистологические изменения желчных протоков и гепатоцитов кроликов характеризуются мозаичностью, частичной сохранностью эпителия и печеночной паренхимы, что обусловлено большим размером органа локализации и волнообразным протеканием структурных изменений. В отношении метаплазии и наличия аденоматозных структур в эпителии желчных протоков печени оба вида идентичны. Психомоторные реакции обоих видов животных также сходны.

Таким образом, кролики, по сравнению с хомячками, являются, по нашему мнению, более восприимчивой моделью экспериментального описторхоза, что подтверждается как клиническими, так и морфологическими данными.

Благодарности

Авторы выражают благодарность за помощь на начальном этапе работы сотрудникам ООО «Ветеринарная скорая помощь».

Acknowledgement

The authors express their gratitude for the help at the initial stage of work to the employees of Veterinary Ambulance LLC.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Августинovich Д. Ф. Экспериментальный описторхоз: исследование состава форменных элементов крови, гемопоэза и стартл-рефлекса у лабораторных животных / Д. Ф. Августинovich, И. А. Орловская, Л. Б. Топоркова и др. // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2016. – № 20(2). – С.155-164. DOI 10.18699/VJ16.143
2. Александров С. Н. Кролики: Разведение, выращивание, кормление / С. Н. Александров, Т. И. Косова. – М.: АС,; Донецк: Сталкер, 2007. – 157 с.
3. Беляева М. И. Эколого-биологические особенности формирования эндемичных очагов описторхоза в Западной Сибири: дис. ... д-ра биол. наук: 03.02.11, защищена 01.03.2017, утверждена 25.01.2017 / Беляева Маргарита Ивановна. – Тюмень, 2016. – 245 с.
4. Богомолов П. О. Латентная печеночная энцефалопатия у пациентов с минимальным фиброзом печени / П. О. Богомолов, А. О. Буеверов, О. В. Уварова и др. // Медицинский совет. – 2016. – № 10. – С. 164-168.
5. Буеверов А. О. Патогенетические основы печеночной энцефалопатии: фокус на аммиак / А. О. Буеверов // Клин. перспект. гастроэнтерол. гепатол. – 2012. – № 6. – С. 3-10.
6. Зуевский В. П. Экстраполяция морфологических данных поражения печени при экспериментальном описторхозе золотистых хомячков на человека / В. П. Зуевский, В. Г. Бычков, Т. В. Дерпак и др. // Медицинская наука и образование Урала. – 2016. – Том 17, №2 (86). – С. 124-126.
7. Максимова Г. А. Экспериментальная модель описторхоза на хомяках (*Mesocricetus auratus*) / Г.А. Максимова, Н.А. Жукова, Е.В. Кашина и др. // Бюллетень сибирской медицины. – 2012. – Том 11, №6. – С. 59-63.
8. Начева Л. В. Патоморфология печени, поджелудочной железы и двенадцатиперстной кишки золотистых хомячков при экспериментальном описторхозе / Л. В. Начева, Н. О. Беззаботнов, А. М. Кожемякин // Российский паразитологический журнал. – № 1, 2012. – С. 78-81.
9. Perina E. A. Imbalance in the glutathione system in *Opisthorchis felinus* infected liver promotes hepatic fibrosis / E. A. Perina, V. V. Ivanov, A. G. Pershina et al. // Acta Trop. 2019 Apr; 192: 41-48. DOI: 10.1016/j.actatropica.2019.01.017.
10. Плотникова Е. Ю. Роль L-орнитин-L-аспартата в комплексном лечении больных с гипераммониемией / Е. Ю. Плотникова // Клин. перспект. гастроэнтерол. гепатол. – 2013. – №2. – С.41-49.
11. Плотников Н.Н. Описторхоз, гельминтоз печени и поджелудочной железы. / Н.Н. Плотников. – М.: АН СССР. – 1953. – 126 с. 71.
12. Ромашова Е. Н. Трематоды и трематодозы диких и домашних плотоядных Центрального Черноземья: дис. канд. биол. наук: 03.02.11: защищена 11.07.2016, утверждена 15.07.2016 / Ромашова Елена Николаевна. – Воронеж, 2016. – 195 с.
13. Рычагова И. Г. Патоморфология печени при экспериментальном реинвазионном описторхозе: автореф. дисс. ... канд. мед. наук: 14.00.15. защищена 14.01.1992, утверждена 20.01.1992 / Рычагова Ирина Георгиевна. – Челябинск, 1992 г. – 19 с.
14. Сидельникова А. А. Клинические аспекты острого описторхоза у кроликов в эксперименте / А. А. Сидельникова, Л. В. Начева, М. С. Боборыкин // Российский паразитологический журнал. – 2016. – Т.37, Вып. 3. – С.374-379.
15. Сидельникова А.А. Поражение структур органа зрения, связанной с острым описторхозом при разной степени инвазии / А. А. Сидельникова, А. Н. Сидельникова // Международный научно-исследовательский журнал. – 2018. – № 1-2. – С.79-81
16. Сидихов Б. М. Описторхоз плотоядных в Западно-Казахстанской области Республики Казахстан (диагностика, эпизоотология, меры борьбы). Монография / Б.М. Сидихов // – М.: Мир науки, 2020. – 102 с.
17. D'Antiga L. Clues for minimal hepatic encephalopathy in children with noncirrhotic portal hypertension / D'Antiga L, Dacchille P, Boniver C et al. // J. Pediatr. Gastroenterol. Nutr., 2014, 59: 689-694.
18. Gouveia M.J. Infection with *Opisthorchis felinus* induces intraepithelial neoplasia of the biliary tract in a rodent model / Gouveia M.J., Pakharukova M.Y., Laha T. et al. // Carcinogenesis. 2017 Sep 1;38(9):929-937.
19. Kokova D.A. Exploratory metabolomics study of the experimental opisthorchiasis in a laboratory animal model (golden hamster, *Mesocricetus auratus*) / Kokova Daria A., Kostidis Sarantos, Morello Judit et al. // Plos Neglect. Trop. Dis. 2017. Vol. 11, № 10. P. 1-14.
20. Srija B. Update on Pathogenesis of Opisthorchiasis and Cholangiocarcinoma / Srija B., Tangkawattana S., Brindley P.J. // Adv Parasitol. 2018; 102: 97-113.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Avgustinovich D. F. Jeksperimental'nyj opistorhoz: issledovanie sostava formennyh jelementov krovi, gemopojeza i startl-refleksa u laboratornyh zhivotnyh [Experimental opisthorchiasis: study of the composition of blood corpuscles, hematopoiesis and startle reflex in laboratory animals] / D. F. Avgustinovich, I. A. Orlovskaja, L. B. Toporkova et al. // Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. – 2016. – № 20(2). – p.155-164. DOI 10.18699/VJ16.143 [in Russian]
2. Aleksandrov S. N. Kroliki: Razvedenie, vyrashhivanie, kormlenie [Rabbits: Breeding, rearing, feeding] / S. N. Aleksandrov. – М.: АС,; Doneck: Stalker, 2007. – 157 p. [in Russian]

3. Beljaeva M. I. Jekologo-biologicheskie osobennosti formirovanija jendemichnyh ochagov opistorhoza v Zapadnoj Sibiri [Ecological and biological features of the formation of endemic foci of opisthorchiasis in Western Siberia]: dis. ... d-ra biol. nauk: 03.02.11, zashhishhena 01.03.2017, utverzhdena 25.01.2017 / Beljaeva Margarita Ivanovna. – Tjumen', 2016. – 245 p. [in Russian]
4. Bogomolov P. O. Latentnaja pechenohnaja jencefalopatija u pacientov s minimal'nym fibrozom pecheni [Latent hepatic encephalopathy in patients with minimal liver fibrosis] / P. O. Bogomolov, A. O. Bueverov, O. V. Uvarova et al. // Medicinskij sovet. – 2016. – № 10. – p. 164-168. [in Russian]
5. Bueverov A. O. Patogeneticheskie osnovy pechenoj jencefalopatii: fokus na ammiak [Pathogenetic basis of hepatic encephalopathy: focus on ammonia] / A. O. Bueverov // Klin. perspekt. gastrojenterol. gepatol. – 2012. – № 6. – p. 3-10. [in Russian]
6. Zuevskij V. P., Bychkov V. G., Derpak T. V., Ovcharenko V. G. Jekstrapoljacija morfologicheskikh dannyh porazhenija pecheni pri jeksperimental'nom opistorhoze zolotistyh homjakov na cheloveka [Extrapolation of morphological data of liver damage in experimental opisthorchiasis of golden hamsters per person] / V. P. Zuevskij, V. G. Bychkov, T. V. Derpak et al. // Medicinskaja nauka i obrazovanie Urala. – 2016. – Vol. 17, №2 (86). – p. 124-126. [in Russian]
7. Maksimova G. A. Jeksperimental'naja model' opistorhoza na homjakah (Mesocricetus auratus) [Experimental model of opisthorchiasis on hamsters (Mesocricetus auratus)] / G.A. Maksimova, N.A. Zhukova, E.V. Kashina et al. // Bjulleten' sibirskoj mediciny. – 2012. – Vol. 11, №6. –p. 59-63. [in Russian]
8. Nacheva L. V. Patomorfologija pecheni, podzheludochnoj zhelezy i dvenadcatiperstnoj kishki zolotistyh homjakov pri jeksperimental'nom opistorhoze [Pathomorphology of the liver, pancreas and duodenum of golden hamsters in experimental opisthorchiasis] / L. V. Nacheva, N. O. Bezzabotnov, A. M. Kozhemjakin // Rossijskij parazitologicheskij zhurnal. - № 1, 2012. – p. 78-81. [in Russian]
9. Perina E. A. Imbalance in the glutathione system in Opisthorchis felinus infected liver promotes hepatic fibrosis / E. A. Perina, V. V. Ivanov, A. G. Pershina et al. // Acta Trop. 2019 Apr; 192: 41-48. DOI: 10.1016/j.actatropica.2019.01.017.
10. Plotnikova E. Ju. Rol' 1_-ornitin-1_-aspartata v kompleksnom lechenii bol'nyh s giperammoniemiej [The role of 1_-ornithine-1_-aspartate in the complex treatment of patients with hyperammonemia] / E. Ju. Plotnikova // Klin. perspekt. gastrojenterol. gepatol. – 2013. – №2. – p.41-49. [in Russian]
11. Plotnikov N.N. Opistorhoz gel'mintoz pecheni i podzheludochnoj zhelezy [Opisthorchiasis helminthiasis of the liver and pancreas] / N. N. Plotnikov. – M.: AN SSSR. - 1953. – 126 p.
12. Romashova E. N. Trematody i trematodozy dikih i domashnih plotojadnyh Central'nogo Chernozem'ja [Trematodes and trematodes of wild and domestic carnivores of the Central Black Earth Region]: dis. kand. biol. nauk:03.02.11: zashhishhena 11.07.2016, utverzhdena 15.07.2016 / Romashova Elena Nikolaevna. – Voronezh, 2016. – 195 p. [in Russian]
13. Rychagova I.G. Patomorfologija pecheni pri jeksperimental'nom reinvazionnom opistorhoze [Pathomorphology of the liver in experimental reinvasive opisthorchiasis]: avtoref. diss. ... kand. med. nauk: 14.00.15. zashhishhena 14.01.1992, utverzhdena 20.01.1992 / Rychagova Irina Georgievna. – Cheljabinsk, 1992 g. – 19 p. [in Russian]
14. Sidel'nikova A. A. Klinicheskie aspekty ostrogo opistorhoza u krolikov v jeksperimente [Clinical aspects of acute opisthorchiasis in rabbits in experiment] / A. A. Sidel'nikova, L. V. Nacheva, M. S. Boborykin // Rossijskij parazitologicheskij zhurnal. – 2016. – Vol.37, Issue. 3. – p.374-379. [in Russian]
15. Sidel'nikova A.A. Porazhenie struktur organa zrenija, svjazannoj s ostrym opistorhozom pri raznoj stepeni invazii [Damage to the structures of the organ of vision associated with acute opisthorchiasis with varying degrees of invasion] / A. A. Sidel'nikova, A. N. Sidel'nikova // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. – 2018. – № 1-2. – p.79-81. [in Russian]
16. Sidihov B. M. Opistorhoz plotojadnyh v Zapadno-Kazahstanskoj oblasti Respubliki Kazahstan (diagnostika, jepizootologija, mery bor'by) [Opisthorchiasis of carnivores in the West Kazakhstan region of the Republic of Kazakhstan (diagnostics, epizootology, control measures)] / B.M. Sidihov. – M.: Mir nauki, 2020. – 102 p. [in Russian]
17. D'Antiga L. Clues for minimal hepatic encephalopathy in children with noncirrhotic portal hypertension / D'Antiga L, Dacchille P, Boniver C et al. // J. Pediatr. Gastroenterol. Nutr., 2014, 59: 689-694.
18. Gouveia M.J. Infection with Opisthorchis felinus induces intraepithelial neoplasia of the biliary tract in a rodent model / Gouveia M.J., Pakharukova M.Y., Laha T. et al. // Carcinogenesis. 2017 Sep 1;38(9):929-937.
19. Kokova D.A. Exploratory metabolomics study of the experimental opisthorchiasis in a laboratory animal model (golden hamster, Mesocricetus auratus) / Kokova Daria A., Kostidis Sarantos, Morello Judit et al. // Plos Neglect. Trop. Dis. 2017. Vol. 11, № 10. P. 1-14.
20. Sripa B. Update on Pathogenesis of Opisthorchiasis and Cholangiocarcinoma / Sripa B., Tangkawattana S., Brindley P.J. // Adv Parasitol. 2018; 102: 97-113.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2021.113.11.052>**МЕТОДЫ И СПОСОБЫ ФИТОТЕСТИРОВАНИЯ ПОЧВ: ОБЗОР**

Научная статья

Тишин А.С.^{1,*}, Тишина Ю.Р.²^{1,2} Сургутский государственный университет, Сургут, Россия

* Корреспондирующий автор (ast.6[at]yandex.ru)

Аннотация

Проведен обзор методов биологического тестирования почв, основанных на использовании растительных организмов в качестве тест-объектов. Обсуждены подходы, применяемые на территории РФ, сопоставлены с международными стандартами фитотестирования. Рассмотрены основные подходы к исполнению обсуждаемых методов, их длительность, характер ответа, тест-объекты и даваемые ими тест-отклики. Проведенный обзор демонстрирует довольно широкое применение фитотестов в исследовательской практике, в экотоксикологии, в природоохранных мероприятиях. Эти методы стандартизированы на уровне стран, их исполнение регулируется рядом специальных организаций. При этом зарубежные методы более детальные и комплексные, т.к. подразумевают более широкий круг растительных тест-объектов. Основные тенденции дальнейшего развития фитотестирования в основном подразумевают расширение круга тестируемых растений, в том числе привлечение дикорастущих растений наряду с культурными. С использованием биотестов на основе растений исследуют широкий круг различных токсикантов, а также оценивают их комбинированное действие.

Ключевые слова: фитотестирование почв; методы биотестирования; загрязнение почв; растительные тест-объекты.

METHODS OF SOIL PHYTOTESTING: A REVIEW

Research article

Tishin A.S.^{1,*}, Tishina Yu.R.²^{1,2} Surgut State University, Surgut, Russia

* Corresponding author (ast.6[at]yandex.ru)

Abstract

The current article features a review of methods of biological testing of soils based on the use of plant organisms as test objects and discusses the approaches used in the territory of the Russian Federation compared with international standards of phytotesting. The authors also examine the main approaches to the execution of the discussed methods, their duration, the nature of the response, test objects and the results of the testing. The review demonstrates a fairly wide application of phytotests in research practice, ecotoxicology, environmental protection measures. These methods are standardized at the country level, and their implementation is regulated by a number of special organizations. At the same time, foreign methods are more detailed and complex, because they imply a wider range of plant test objects. The main trends in the further development of phytotesting mainly imply the expansion of the range of tested plants, including the inclusion of wild plants along with cultivated ones. Using plant-based biotests, the study investigates a wide range of different toxicants, as well as evaluates their combined effect.

Keywords: phytotesting of soils; methods of biotesting; soil pollution; plant test objects.

Введение

Биологический анализ природных сред является одним из важнейших инструментов экологического мониторинга. Он применяется для суммарной оценки действия загрязнения на живой организм, позволяя учитывать не только присутствие индивидуальных веществ, но и их комбинированные эффекты действия, которые могут быть в разы сильнее (суммарное, или синергетическое действие) или, наоборот, слабее действия веществ по отдельности (нивелирование токсичности). Методы аналитической химии не способны выявить такие эффекты. Кроме того, химические способы анализа образцов довольно дорогостоящи и трудоемки, в то время как методы биотестирования способны дать ответ за короткий срок без серьезных финансовых и трудовых затрат.

Объектами биологического тестирования являются самые разные организмы. Так, для этих целей широко применяют дрожжи [17], бактерии [9], различные ферментные системы [10], простейших [13], ракообразных [7], червей [6] и т.д. Очень широкое применение нашли и растительные организмы [8], [11], [20]. Их используют для биологического анализа образцов водных сред, оценки загрязненности воздуха, и, конечно же, почв.

Целью данной статьи является обзор методов и способов фитотестирования почв, применяемых в мировой практике.

Фитотестирование на мировом и российском уровне

В Российской Федерации использование методов биотестирования на основе растений регулируется следующими организациями:

- 1) Ростехнадзор;
- 2) Роспотребнадзор;
- 3) Надзорные органы в сельскохозяйственной сфере [4].

Первый из них регулирует внедрение фитотестов в аналитические мероприятия, проводимые с природоохранными целями, второй – с целями обеспечения сохранения здоровья окружающей среды и людей, а третий – регламентирует применение фитотестов в контроле качества и состояния возделываемых

сельскохозяйственных почв, а также получаемых сельскохозяйственных продуктов. Основные документы, контролирующие процесс фитотестирования в РФ, приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Стандартизированные методы фитотестирования, применяемые в Российской Федерации

Номер и тип документа	Название методики	Тест-объект, тест-параметр	Ссылка
МР 2.1.7.2297-07 (методические рекомендации)	«Обоснование класса опасности отходов производства и потребления по фитотоксичности («Фитотест»)»	Тест-объект – <i>Avena sativa</i> Тест-параметры – длина корней проростков, всхожесть семян (%)	[5]
ФР.1.39.2006.02264	«Методика выполнения измерений всхожести семян и длины корней проростков высших растений для определения токсичности техногенно загрязненных почв»	Тест-объект – <i>Avena sativa</i> Тест-параметры – количество проросших семян, длина корней проростков	[2]
ФР.1.31.2012.11560	«Методика измерений биологической активности гуминовых веществ методом фитотестирования («Фитоскан»)»	Тест-объект – семена растений не менее 3 разных видов. Рекомендовано использовать 2 растения из двудольных (например, <i>Sinapis alba</i> , <i>Raphanus sativum</i> , <i>Lepidium sativum</i>), и 1 растение, относящееся к однодольным (например, <i>Avena sativa</i> , <i>Sorghum saccharatum</i>). Тест-параметры – длина корней и стеблей проростков, всхожесть семян (%), энергия прорастания семян. Важно: тестирование может осуществляться не только в водных вытяжках, но и в почвенном образце	[3]

На международном уровне биотестирование с использованием растительных организмов регулируют следующие организации [4]:

- 1) OECD (Организация экономического сотрудничества и развития);
- 2) US EPA (Агентство по охране окружающей среды США);
- 3) ISO (Международная организация по стандартизации).

Перечисленные международные организации регламентируют применение фитотестов на основании документов, приведенных в таблице 2.

Таблица 2 – Стандартизированные методы фитотестирования, применяемые на международном уровне

Номер и тип документа	Название методики	Тест-объект, тест-параметр	Ссылка
OECD Guidelines for the testing of chemicals.	«Terrestrial Plant Test: Seedling Emergence and Seedling Growth Test»	Тест-объект: не указано четко использование конкретных видов. В списке рекомендованных: <i>Daucus carota</i> , <i>Helianthus annuus</i> , <i>Lactuca sativa</i> , <i>Sinapis alba</i> , <i>Brassica campestris</i> var. <i>chinensis</i> , <i>Brassica napus</i> , <i>Brassica oleracea</i> , <i>Brassica rapa</i> , <i>Lepidium sativum</i> , <i>Raphanus sativus</i> , <i>Beta vulgaris</i> , <i>Cucumis sativus</i> , <i>Glycine max</i> (G. soja), <i>Phaseolus aureus</i> , <i>Phaseolus vulgaris</i> , <i>Pisum sativum</i> , <i>Trigonella foenumgraecum</i> , <i>Lotus corniculatus</i> , <i>Trifolium pratense</i> , <i>Vicia sativa</i> , <i>Linum usitatissimum</i> , <i>Fagopyrum esculentum</i> , <i>Solanum lycopersicon</i> , <i>Allium cepa</i> , <i>Avena sativa</i> , <i>Hordeum vulgare</i> , <i>Lolium perenne</i> , <i>Oryza sativa</i> , <i>Secale cereale</i> , <i>Sorghum bicolor</i> , <i>Triticum aestivum</i> , <i>Zea mays</i> . Тест-параметр: процент всхожести семян, длина наземных побегов, биомасса наземных побегов, количество видимых повреждений побегов (хлороз, некроз, увядание, деформации стеблей и листьев). Важно: тестирование осуществляется не в водных вытяжках, а непосредственно на тестируемом субстрате	[16]
ISO 11269-2	«Soil quality – Determination of the effects of pollutants on soil flora – Part 2: Effects of contaminated soil on the emergence and early growth of higher plants»	Тест-объект: одновременное проведение тестирования на 2 растениях – овес <i>Avena sativa</i> (как представитель однодольных) и турнепс <i>Brassica rapa</i> (как представитель двудольных) Тест-параметр: всхожесть семян (%), прирост растительной массы. Важно: тестирование осуществляется не в водных вытяжках, а непосредственно на тестируемом субстрате	[12]

Окончание таблицы 2 – Стандартизированные методы фитотестирования, применяемые на международном уровне

Номер и тип документа	Название методики	Тест-объект, тест-параметр	Ссылка
US EPA Ecological Effects Test Guidelines. OCSPP 850.4230:	«Early Seedling Growth Toxicity Test»	Тест-объект: одновременное проведение тестирования на 10 растениях (6 представителей двудольных и 4 – однодольных растений). Из рекомендованных: <i>Beta vulgaris</i> , <i>Helianthus annuus</i> , <i>Pisum sativum</i> , <i>Brassica rapa</i> , <i>Brassica napus</i> , <i>Phaseolus vulgaris</i> , <i>Gossypium sp.</i> , <i>Fagopyrum esculentum</i> . и др. Тест-параметр: различные биометрические показатели растений. В случае оценки одновременно нескольких характеристик, выводы о токсичности делают по наиболее чувствительному параметру.	[15]

Характеристика различных методов и способов фитотестирования

Рассмотрим особенности исполнения основных методов фитотестирования, представленных в табл. 1 и 2.

Общие принципы фитотестирования едины – тестирование проводят путем оценки параметров прорастания семян тест-растения. Основным отличием является то, в какой фазе осуществляется прорастание тест-объекта – в водной (водная вытяжка из почвенного образца) или в твердой (непосредственно в тестируемом образце почвы). Некоторыми авторами показано, что данные, полученные при биотестировании непосредственно в почве, и результаты тестирования почвенных вытяжек, могут значительно отличаться. При этом тесты, основанные на тестировании непосредственно почвенных образцов, обычно более чувствительны [14]. В особенности это касается ситуаций с загрязнением почв гидрофобными загрязнителями, например, нефтепродуктами и нефтяными углеводородами. Из-за неспособности этих поллютантов растворяться в воде, результаты их фитотестирования с использованием биотестов, выполняемых в водной среде, демонстрируют более низкую токсичность гидрофобных поллютантов, чем при тестировании непосредственно в твердой (почвенной) фазе. Почвенные частицы формируют «носитель» для углеводородов, в связи с чем последние более равномерно распределяются в образце и, соответственно, тест-объект имеет лучший контакт с загрязнителем. Таким образом, тесты, анализ которыми выполняется в водной фазе, рекомендуется использовать преимущественно для оценки токсичности водорастворимых поллютантов – тяжелых металлов, поверхностно-активных веществ и т.д. Для анализа гидрофобных загрязнителей (нефть, нефтепродукты, ПАУ) более предпочтительно применять фитотесты, анализ в которых выполняется непосредственно в почвенном образце.

Также некоторые отличия отмечены в тест-параметрах, измеряемых в описанных методах. Одни из методов оценивают длину корней или стеблей проростков, в других учитывают суммарную биомассу растений, либо всхожесть (%) семян, энергию их прорастания.

Кроме того, методы фитотестирования отличаются способом исполнения и требуемым оборудованием. Некоторые из них требуют специальных устройств или приспособлений, другие же выполняются в более простых условиях.

Так, методы, стандартизированные в РФ, в основном не требуют специальных приспособлений. Тестирование водных вытяжек из почв проводят в чашках Петри, на дно которых размещают фильтровальную бумагу и семена тестируемого растения. Далее семена заливают тестируемой вытяжкой из почвенной пробы (рис. 1).

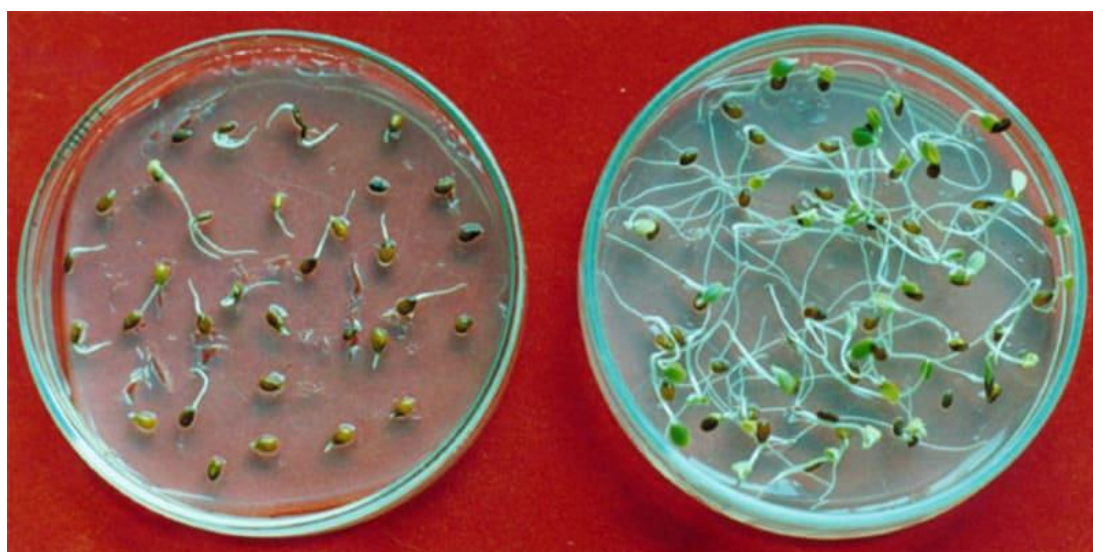


Рис. 1 – Фитотестирование водных вытяжек в чашках Петри

Примечание: фото из сети интернет

Исключение составляет метод, выполняемый по ФР.1.31.2012.11560 (методика «Фитоскан»). В этом фитотесте рекомендовано выполнение тестирования в специальных контейнерах. Их составляют две плотно прилегающие пластиковые подложки, между которыми размещаются образцы почвы или смоченная вытяжкой из почвы фильтровальная бумага. В них размещают семена тестируемого растения. Контейнеры инкубируют вертикально,

фиксируя рост проростков. Плотнo прилегающие подложки обеспечивают вертикальный рост проростков, предотвращают их скручивание и т.д., что упрощает процедуру измерения их длины [3]. Внешний вид камер представлен на рис. 2.



Рис. 2 – Фитотестирование в планшетах по методике «Фитоскан»

Примечание: источник [1]

В методах, используемых в международной практике, несколько усложненный подход к тестированию. Так, в биотесте [12], требуется система автоматического полива растений в процессе биотестирования. Ее составляют две емкости, которые разделяют между собой решеткой. В нижней находится вода, в верхней (стеклянной или пластиковой) – тестируемый образец. Эти две емкости сообщаются друг с другом несколькими нитями, которые необходимы для увлажнения – вода по мере подсыхания субстрата поднимается автоматически капиллярным принципом. В методе, описанном в руководстве US EPA, увлажнение образцов происходит путем дренажной системы – тестирование проводят в стеклянных емкостях, имеющих отверстия для дренажа.

Следует отметить, что рекомендуемая длительность тестирования в методах, применяемых на международном уровне, составляет от 14 до 21 суток. Методы, принятые в РФ, подразумевают более короткий срок экспонирования. Так, метод фитотестирования ФР.1.39.2006.02264 подразумевает процедуру длительностью от 3 до 7 суток [2], ФР.1.31.2012.11560 («Фитоскан») – 4 суток [3], МР 2.1.7.2297-07 («Фитотест») – 7 суток [5].

Новейшие перспективные разработки в области фитотестирования и актуальность развития данного направления

Основные тенденции дальнейшего развития фитотестирования в основном подразумевают расширение круга тестируемых растений, в том числе привлечение дикорастущих растений наряду с культурными. С использованием биотестов на основе растений исследуют широкий круг различных токсикантов, их различных сочетаний – для оценки их комбинированного действия. Кроме того, исследователи все чаще склоняются к использованию при биотестировании одновременно нескольких видов растений, или даже нескольких биотестов, основанных на применении организмов разных таксономических групп, в том числе растений. Более значительных прорывных исследований в этой области в последние десятилетия не наблюдалось.

Заключение

Проведенный обзор отечественных и зарубежных методов биологического анализа почв, почвенных образцов и вытяжек из них, демонстрирует довольно широкое применение фитотестов в исследовательской практике, в экотоксикологии, в природоохранных мероприятиях. В частности, эти методы стандартизированы на уровне стран, их исполнение регулируется рядом специальных организаций. Так, регулирование применения биотестов на российском уровне осуществляется Ростехнадзором, Роспотребнадзором, надзорными органами в сельскохозяйственной сфере (в зависимости от цели применения метода). На международном уровне регуляция осуществляется организациями ISO, US EPA, OECD. При этом следует отметить, что зарубежные методы более детальные и комплексные, т.к. подразумевают более широкий круг растительных тест-объектов. Тестирование в них происходит непосредственно в почвенных образцах; при этом длительность тестирования составляет от 14 до 21 суток. Фитотесты, применяемые на территории РФ, в основном предполагают тестирование водных вытяжек. При этом тестирование в них предполагается от 3 до 7 сут.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Куликова О.А. Экологические аспекты применения ПАВ для восстановления нарушенных арктических земель / О.А. Куликова : дисс. на соиск. уч. степ. канд. биол. наук. 2019. 162 с.
2. Капелькина Л.П. Методика выполнения измерений всхожести семян и длины корней проростков высших растений для определения токсичности техногенно загрязненных почв / Л.П. Капелькина, Т.В. Бардина, Л.Г. Бакина и др. // М-П-2006. ФР.1.39.2006.02264: СПб., 2009. 19 с.
3. Методика измерений биологической активности гуминовых веществ методом фитотестирования ("Фитоскан"). ФР.1.31.2012.11560 / Терехова В.А., Якименко О.С., Воронина Л.П. и др. // М.: Доброе слово. 2014. 24 с.
4. Николаева О. В. Совершенствование лабораторного фитотестирования для экотоксикологической оценки почв / О. В. Николаева, В. А. Терехова // Почвоведение. 2017. № 9, С. 1141–1152. DOI: 10.7868/S0032180X17090052
5. Обоснование класса опасности отходов производства и потребления по фитотоксичности: Методические рекомендации. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2008. – 15 с.
6. Синдирева А. В. Использование технологических видов червей *Eisenia fetida* для биотестирования почв, загрязненных свинцом / А. В. Синдирева, А. А. Абашкина, С. Ю. Князев // Проблемы охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов: сборник I региональной (заочной) научно-практической конференции молодых ученых и обучающихся посвященной 100-летию Омского государственного аграрного университета. 2018. С. 378–382.
7. Arystarkhova E. Estimation of toxicity of bottom sediments by biotesting method on *Daphnia magna* S. and *Allium cepa* L / E. Arystarkhova // Balanced Nature Using. 2017. Vol. 4(2), P. 156–159.
8. Bioassays Based on Higher Plants As Excellent Dosimeters for Ecotoxicity Monitoring: A Review / Iqbal M., Abbas M., Nisar J. Nazir A. et al. // Chemistry International. 2019. 5(1). P. 1–80.
9. Deryabin D. G. Natural and recombinant luminescent microorganisms in biotoxicity testing of mineral waters / D. G. Deryabin, E. S. Aleshina // Appl. Biochem. Microbiol. 2008. Vol. 44, P. 378–381.
10. Enzymatic Biotesting: Scientific Basis and Application / Esimbekova E.N., Torgashina I.G., Kalyabina V.P. et al. // Contemp. Probl. Ecol. 2021. Vol. 14. P. 290–304.
11. Evaluation of soil toxicity using different biotests on *Pisum sativum*: a case study / N. Massa, P. Cesaro, V. Todeschini et al. // Plant Biosystems - An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology. 2018. Vol. 152(5), P. 1191–1198, DOI: 10.1080/11263504.2018.1435570
12. ISO 11269-2:2012. Soil quality – Determination of the effects of pollutants on soil flora – Part 2: Effects of contaminated soil on the emergence and early growth of higher plants. 19 p.
13. Maurya R. Importance of protozoa *Tetrahymena* in toxicological studies: A review / R. Maurya, A. K. Pandey // Science of The Total Environment. 2020. Vol. 741, 140058 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140058>.
14. Mesocosm Experiments at a Tunnelling Construction Site for Assessing Re-Use of Spoil Material as a By-Product / Barra C. A., Grenni P., Mariani L. et al. // Water. 2021. Vol. 13, 161.
15. OCSPP 850.4230: Early Seedling Growth Toxicity Test [EPA 712-C-010]. 23 p.
16. OECD. Test No. 208: Terrestrial Plant Test: Seedling Emergence and Seedling Growth Test. OECD Guide- lines for the Testing of Chemicals. Section 2. OECD Publishing, Paris, 2006. 21 p.
17. Rumlova L. A new biological test utilising the yeast *Saccharomyces cerevisiae* for the rapid detection of toxic substances in water / L. Rumlova, J. Dolezalova // Environmental Toxicology and Pharmacology. 2012. Vol. 33, Issue 3. P. 459–464, <https://doi.org/10.1016/j.etap.2012.01.008>.
18. The applying of yeast *Saccharomyces cerevisiae* for rapid estimation of surface-active substances' toxicity / O F Vyatchina, G O Zhdanova, Beizhen Xie et al. // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 2019. 272. 032208.
19. Use of Impedance Biotesting to Assess the Actions of Pharmaceutical Compounds on the Growth of Microorganisms / Sibirtsev V. S., Naumov I. A., Kuprina E. É. et al. // Pharm. Chem. J. 2016. Vol. 50, P. 481–485.
20. *Allium* Root-Micronucleus (*Allium* MCN) Test on the genotoxicity of soil samples, contaminated with heavy metals / Kataeva M., Kotseruba V., Terekhina N. et al. // World Applied Sciences Journal. 2012. 17, P. 992–1000.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Kulikova O.A. Ehkologicheskie aspekty primeneniya PAV dlja vosstanovleniya narushennykh arkticheskikh zemel' [Ecological aspects of the use of surfactants for the restoration of disturbed Arctic lands]: Candidate's thesis. Biology / O. A. Kulikova 2019. 162 p. [in Russian]
2. Metodika vypolneniya izmerenij vskhozhesti semjan i dliny kornejj prorostkov vysshikh rastenij dlja opredeleniya toksichnosti tekhnogenno zagraznennykh pochv [Methodology for measuring seed germination and root length of seedlings of higher plants for determining the toxicity of anthropologically polluted soils] / Kapelkina L.P., Bardina T.V., Bakina L.G., et al. // М-Р-2006. FR.1.39.2006.02264: St. Petersburg, 2009. 19 p. [in Russian]
3. Metodika izmerenij biologicheskoy aktivnosti guminovykh veshchestv metodom fitotestirovaniya ("Fitoskan") [The method of measuring the biological activity of humic substances by phytotesting ("Phytoskan")] FR.1.31.2012.11560 / Terekhova V.A., Yakimenko O.S., Voronina L.P., Kydraliev K.A. // М.: Dobroe slovo. 2014. 24 p. [in Russian]
4. Nikolaeva O. V. Sovershenstvovanie laboratornogo fitotestirovaniya dlja ehkotoxikologicheskoy ochenki pochv [Improvement of laboratory phytotesting for ecotoxicological assessment of soils] / O. V. Nikolaeva, V. A. Terekhova // Pochvovedenie [Soil science]. 2017. No. 9, pp. 1141–1152. DOI: 10.7868/S0032180X17090052 [in Russian]
5. Obosnovanie klassa opasnosti otkhodov proizvodstva i potrebleniya po fitotoksichnosti: Metodicheskie rekomendacii [Substantiation of the hazard class of production and consumption waste by phytotoxicity: Methodological recommendations]. - М.: Federal Center for Hygiene and Epidemiology of Rosпотребнадзор, 2008. - 15 p. [in Russian]

6. Sindireva A. V. Ispol'zovanie tekhnologicheskikh vidov chervejj *Eisenia fetida* dlja biotestirovanija pochv, zagryaznennykh svincom [The use of technological species of worms *Eisenia fetida* for biotesting soils contaminated with lead] / A. V. Sindireva, A. A. Abashkina, S. Yu. Knyazev // Problemy okhrany okruzhajushhejj sredy i racional'nogo ispol'zovanija prirodnykh resursov: sbornik I regional'noj (zaочноj) nauchno-prakticheskoy konferencii molodykh uchenykh i obuchajushhiksja posvjashhennoj 100-letiju Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Problems of environmental protection and rational use of natural resources: collection of the I regional (correspondence) scientific and practical conference of young scientists and students dedicated to the 100th anniversary of Omsk State Agrarian University]. 2018, pp. 378-382 [in Russian]
7. Arystarkhova E. Estimation of toxicity of bottom sediments by biotesting method on *Daphnia magna* S. and *Allium cepa* L. / E. Arystarkhova // Balanced Nature Using. 2017. Vol. 4(2), P. 156-159.
8. Bioassays Based on Higher Plants As Excellent Dosimeters for Ecotoxicity Monitoring: A Review / Iqbal M., Abbas M., Nisar J. Nazir A. et al. // Chemistry International. 2019. 5(1). P. 1-80.
9. Deryabin D. G. Natural and recombinant luminescent microorganisms in biotoxicity testing of mineral waters / D. G. Deryabin, E. S. Aleshina // Appl. Biochem. Microbiol. 2008. Vol. 44, P. 378-381.
10. Enzymatic Biotesting: Scientific Basis and Application / Esimbekova E.N., Torgashina I.G., Kalyabina V.P. et al. // Contemp. Probl. Ecol. 2021. Vol. 14. P. 290-304.
11. Evaluation of soil toxicity using different biotests on *Pisum sativum*: a case study / N. Massa, P. Cesaro, V. Todeschini et al. // Plant Biosystems - An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology. 2018. Vol. 152(5), P. 1191-1198, DOI: 10.1080/11263504.2018.1435570
12. ISO 11269-2:2012. Soil quality – Determination of the effects of pollutants on soil flora – Part 2: Effects of contaminated soil on the emergence and early growth of higher plants. 19 p.
13. Maurya R. Importance of protozoa *Tetrahymena* in toxicological studies: A review / R. Maurya, A. K. Pandey // Science of The Total Environment. 2020. Vol. 741, 140058 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140058>.
14. Mesocosm Experiments at a Tunnelling Construction Site for Assessing Re-Use of Spoil Material as a By-Product / Barra C. A., Grenni P., Mariani L. et al. // Water. 2021. Vol. 13, 161.
15. OCSPP 850.4230: Early Seedling Growth Toxicity Test [EPA 712-C-010]. 23 p.
16. OECD. Test No. 208: Terrestrial Plant Test: Seedling Emergence and Seedling Growth Test. OECD Guide- lines for the Testing of Chemicals. Section 2. OECD Publishing, Paris, 2006. 21 p.
17. Rumlova L. A new biological test utilising the yeast *Saccharomyces cerevisiae* for the rapid detection of toxic substances in water / L. Rumlova, J. Dolezalova // Environmental Toxicology and Pharmacology. 2012. Vol. 33, Issue 3. P. 459-464, <https://doi.org/10.1016/j.etap.2012.01.008>.
18. The applying of yeast *Saccharomyces cerevisiae* for rapid estimation of surface-active substances' toxicity / O F Vyatchina, G O Zhdanova, Beizhen Xie et al. // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 2019. 272. 032208.
19. Use of Impedance Biotesting to Assess the Actions of Pharmaceutical Compounds on the Growth of Microorganisms / Sibirtsev V. S., Naumov I. A., Kuprina E. É. et al. // Pharm. Chem. J. 2016. Vol. 50, P. 481-485.
20. *Allium* Root-Micronucleus (*Allium* MCN) Test on the genotoxicity of soil samples, contaminated with heavy metals / Kataeva M., Kotseruba V., Terekhina N. et al. // World Applied Sciences Journal. 2012. 17, P. 992-1000.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2021.113.11.053>СЕРОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ВИРУСА ГРИППА ПТИЦ
НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ МОРДОВИЯ

Обзорная статья

Боряева Ю.А.¹, Родина Э.В.^{2,*}, Родин В.Н.³¹ ORCID: 0000-0002-4580-0488;² ORCID: 0000-0002-5055-2431;^{1, 2, 3} Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва, Саранск, Россия

* Корреспондирующий автор (kizim2008[at]yandex.ru)

Аннотация

Птичий грипп – вирусное, контагиозное, остро протекающее заболевание диких и домашних птиц. Могут заразиться этим заболеванием млекопитающие, включая человека. За последние годы увеличилось количество вспышек вируса гриппа, в том числе высокопатогенного H5N1. В Российской Федерации вирус гриппа переместился на первое место среди опасных болезней животных.

Новые угрозы возникновения пандемий и эпизоотий гриппа птиц определяют важность контроля за распространением данного заболевания среди животных и птиц. В статье приведены современные данные эпизоотической ситуации по гриппу птиц в Российской Федерации и Республике Мордовия. Проанализированы данные по мерам профилактики и контроля распространения гриппа птиц.

Ключевые слова: грипп птиц, мониторинг, неблагополучный пункт, сыворотка крови.

SEROLOGICAL MONITORING OF AVIAN INFLUENZA VIRUS IN THE REPUBLIC OF MORDOVIA

Review article

Boryaeva Yu.A.¹, Rodina E.V.^{2,*}, Rodin V.N.³¹ ORCID: 0000-0002-4580-0488;² ORCID: 0000-0002-5055-2431;^{1, 2, 3} Ogarev Mordovia State University, Saransk, Russia

* Corresponding author (kizim2008[at]yandex.ru)

Abstract

Avian influenza is a viral, contagious, acute disease in wild and domestic birds. Mammals, including humans, can become infected with this disease. In recent years, the number of outbreaks of influenza virus, including highly pathogenic H5N1, has increased. In the Russian Federation, the influenza virus has moved to the first place among dangerous animal diseases.

New threats of pandemics and epizootics of avian influenza determine the importance of controlling the spread of this disease among animals and birds. The article presents current data on the epizootic situation of avian influenza in the Russian Federation and the Republic of Mordovia. Data on measures to prevent and control the spread of avian influenza are also analyzed.

Keywords: avian influenza, monitoring, dysfunctional point, blood serum.

Введение

Грипп птиц – это контагиозная, острая вирусная болезнь диких и домашних птиц. При определенных условиях млекопитающие, включая людей, могут заразиться этим заболеванием [1, С. 35].

Различают много штаммов вируса птичьего гриппа. Они делятся на две группы: штаммы с низкой патогенностью (LPAI) – не вызывают клинические признаки или они слабо выражены у домашней птицы; штаммы с высокой патогенностью (HPAI) – вызывают тяжелые клинические признаки, высокую смертность среди домашней птицы [2, С. 182], [3, С.8].

Дикая птица – естественный хозяин и резервуар возбудителя для всех типов вирусов гриппа птиц. Анализ данных за последние годы показывает увеличение количества вспышек вируса гриппа, число вовлеченных птиц, материальные затраты на борьбу с болезнью. Появление и распространение высокопатогенного вируса гриппа H5N1 в Российской Федерации поставило вирус гриппа на первое место среди опасных болезней животных [4].

Грипп птиц привлекает внимание международного сообщества. Это связано с серьезными последствиями проводимых противэпизоотических мероприятий, так и для международной торговли. Мониторинг и борьба с заболеванием имеют важное значение для снижения вирусной нагрузки на восприимчивое поголовье птицы, окружающую среду, продовольственную безопасность, а также риска заражения человека штаммами, обладающими зоонозным потенциалом [5, С. 85], [6, С. 555].

Целью исследования является изучение эпизоотической ситуации по гриппу птиц на территории Российской Федерации и анализ данных серологических мониторинговых исследований по Республике Мордовия за 2020 год.

Разработаны разные методы для выявления антител к вирусу гриппа птиц: реакция торможения гемагглютинации (РТГА) и иммуноферментный анализ (ИФА). Реакция торможения гемагглютинации (РТГА) является основной при диагностике гриппа птиц, однако при исследовании сывороток крови уток и некоторых других видов птиц антитела могут не выявляться из-за действия неспецифических ингибиторов, поэтому иммуноферментный анализ даёт более достоверные данные [7, С. 126].

Данные для исследования серологического мониторинга в разрезе районов и хозяйств Республики Мордовия

предоставлены Государственным бюджетным учреждением «Мордовская республиканская ветеринарная лаборатория». Сведения о неблагополучии по гриппу птиц на территории Российской Федерации, получены с официального сайта Россельхознадзора.

Результаты и обсуждение

Эпизоотическая ситуация по гриппу птиц на территории Российской Федерации за 2020 год

Отмечается тенденция к увеличению числа новых вспышек гриппа птиц. Среди болезней птиц по неблагополучию и заболеваемости в Российской Федерации на первом месте стоит грипп птиц. В 2020 году было выявлено 72 неблагополучных пункта по гриппу птиц среди домашней птицы и 10 неблагополучных пунктов среди дикой птицы. Заболело 718507 голов домашней птицы и 35 голов дикой птицы. Ситуация по гриппу в Российской Федерации эндемическая. В первом полугодии 2020 года вспышек высокопатогенного вируса гриппа птиц не было. В третьем квартале 2020 года было выявлено 64 вспышки высокопатогенного вируса гриппа птиц подтипа H5N8 и 1-H5N5 среди домашних птиц, из которых 8 в дикой фауне. В четвертом квартале зарегистрировано 18 вспышек подтипа H5N8 среди домашних птиц, из них 2 среди диких птиц.

Неблагополучными регионами Российской Федерации являются: Омская – 35 н.п., Тюменская – 14 н.п., Курганская области – 11 н.п., Республика Татарстан и Ростовская область по – 5 н.п., Астраханская, Костромская, Самарская, Саратовская области, Карачаево-Черкесская Республика, Республика Северная Осетия, Ханты-Мансийский АО – по 1 н.п. На 31 декабря 2020 г. в Российской Федерации зарегистрированы 83 вспышки высокопатогенного гриппа птиц (73 – среди домашней, 10 – среди дикой птицы), 13 неблагополучных пунктов находится в режиме карантина. На территории Российской Федерации проводится вакцинопрофилактика, диагностические исследования (мониторинг). За 2020 г. провакцинировано – 72622,849 тысяч голов птицы, исследовано – 1224,716 тысяч голов птицы [8], [9].

Эпизоотическая ситуация по гриппу птиц на территории Республики Мордовия за 2020 год

Исследования на грипп птиц проводились двумя методами: сыворотка крови кур и индейки исследовалась методом иммуноферментного анализа (ИФА), сыворотка крови синантропной и дикой птиц – в РТГА (реакция торможения гемагглютинации) [10, С. 152-153]. В таблице 1 представлены данные по количеству исследованных проб на грипп птиц по Республике Мордовия.

Таблица 1 – Количество исследованных проб на грипп птиц по Республике Мордовия

Муниципальный район Республики Мордовия	Вид птицы								Всего по району
	куры	голуби	утки	гуси	вороны	грачи	индейки	перепела	
Ардатовский	60	15	4	4	10				93
Атюрьевский	60	15				18			93
Атяшевский	70	45							115
Б-Березниковский	70	15	13	5					103
Б-Игнатовский	80	15							95
Дубенский	61	15			8	10			94
Ельниковский	60	25				8			93
Зубово Полянский	78	25	8		9				120
Инсарский	103								103
Ичалковский	68	25							93
Кадошкинский	68	25							93
Ковылкинский	75	28				25		163	291
Кочкуровский	75	8		43					126
Краснослободский	60	18	10	3	2				93
Лямбирский	82	15	8	4	20				129
Ромодановский	85	15							100
Рузаевский	70	42				3			115
Старошайговский	99								99
Темниковский	70	48							118
Теньгушевский	95								95
Торбеевский	85	18							103
Чамзинский	90	65							155
Октябрьский	98	8							106
ЗАО «АгроАтяшево»	750								750
ОАО П/ф «Атемарская»	980								980
ОАО П/ф «Атемарская» Ковылкинское отд.	200								200
ООО «Авангард»	940								940

Окончание таблицы 1 – Количество исследованных проб на грипп птиц по Республике Мордовия

Муниципальный район Республики Мордовия	Вид птицы								Всего по району
	куры	голуби	утки	гуси	вороны	грачи	индейки	перепела	
АО П/ф «Октябрьская»	1000								1000
ОАО П/ф «Чамзинская»	1150								1150
ООО МПК Норовский отд. птицеводство							372		372
Итого:	6782								8017
из них в ИФА	6782						372		7154
из них в РТГА		485	43	59	49	64		163	863

Из таблицы 1 видно, что всего в лабораторию для исследования на грипп птиц, со всех муниципальных районов Республики Мордовия за 2020 год, было доставлено 8017 проб сыворотки крови. Из них в ИФА было исследовано 7154 пробы от кур и индеек и 863 пробы в РТГА от дикой и синантропной птицы (голуби, грачи, утки, гуси и т.д.). Положительных случаев не выявлено. Для ПЦР-диагностики на грипп птиц в лабораторию было направлено 576 проб патологического материала. Положительных случаев не выявлено.

Заключение

Таким образом можно констатировать, что общая эпизоотическая обстановка по гриппу птиц, в целом в стране остаётся напряженной с тенденцией к распространению. Республика Мордовия в 2020 году остается благополучным регионом по гриппу птиц, но вероятность заноса инфекции и распространение из неблагополучных регионов достаточно высока. Для предотвращения заноса и распространения инфекции необходимо соблюдать ряд противоэпизоотических мероприятий: постоянный мониторинг за вирусом гриппа А подтипов H5 и H7; строгий контроль за перемещением живой птицы, продукции птицеводства и транспорта, перевозящего птицу; первичная защита стада (биозащита и вакцинация); усиление ветеринарно-санитарного контроля, соблюдение требований нормативных документов на птицеводческих предприятиях.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список источников / References

1. Бессарабов Б.Ф. Болезни птиц / Б.Ф. Бессарабов, И.И. Мельникова, Н.К. Сушкова и др. – СПб.: Издательство «Лань», 2007. – С. 35–44.
2. Госманов Р.Г. Ветеринарная вирусология / Р.Г. Госманов, Н.М. Колычев, В.И. Плешаков. – СПб.: Издательство «Лань», 2018. – С. 181–184.
3. Зеленкова Г.А. Птичий грипп: экология, морфология, молекулярные маркеры патогенности вируса, современная эпизоотическая ситуация / Г.А. Зеленкова, Г.В. Карантыш, Т.С. Тамбиев и др. // Ветеринарная патология. – 2018. – № 1. – С. 5–17.
4. Роспотребнадзор Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.rosпотребнадзор.ru/en> (дата обращения: 12.10.2021)
5. Бакулин В. А. Болезни птиц / Бакулин В. А. СПб, Издатель: В. А. Бакулин, издательский код по ОКВЭД 22.11.1, 2006. – С. 76–92
6. Бессарабов Б.Ф. Инфекционные болезни животных / Б.Ф. Бессарабов, А.А. Вашутин, Е.С. Воронин и др.; Под ред. А.А. Сидорчука. – М.: КолосС, 2007. – С. 555–559.
7. Циванюк М.А. Разработка конкурентного варианта ИФА для выявления антител к вирусу гриппа подтипа H5 у различных видов птиц / М.А. Циванюк, Н.Н. Луговская, Н.С. Мудрак и др. // Ветеринарная патология. – 2007. – № 4. – С. 126–132.
8. Эпизоотическая ситуация в Российской Федерации 2020 год ФГБУ ВНИИЗЖ ИАЦ Управления ветнадзора г. Владимир Информационно-аналитический центр Россельхознадзора. [Электронный ресурс]. URL: https://fsvps.gov.ru/fsvps-docs/ru/iac/rf/2020/iac2020_all.pdf (дата обращения: 12.10.2021)
9. Эпидситуация по птичьему гриппу в Российской Федерации. [Электронный ресурс]. URL: <https://fsvps.gov.ru/fsvps/flu/> (дата обращения: 12.10.2021)
10. Савина И.В. Основы ветеринарной микробиологии, микологии, вирусологии и иммунологии: учебное пособие / И.В. Савина, Р.М. Нургалеев, О.Л. Карташова и др. – Оренбург: Издательский центр ОГАУ, 2015. – С. 152–153.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Bessarabov B.F. Bolezni ptic [Diseases of birds] / B.F. Bessarabov, I.I. Melnikova, N.K. Sushkova et al. – SPb.: Publishing house "Lan", 2007. – P. 35–44. [in Russian]
2. Gosmanov R.G. Veterinarnaja virusologija [Veterinary virology] / R.G. Gosmanov, N.M. Ko-lychev, V.I. Pleshakov. – SPb.: Lan, 2018. – P. 181–184. [in Russian]

3. Zelenkova G.A. Ptichij gripp: jekologija, morfologija, molekularnye markery patogennosti virusa, sovremennaja jepizooticheskaja situacija [Bird flu: ecology, morphology, molecular markers of virus pathogenicity, modern epizootic situation] / G.A. Zelenkova, G.V. Karantysh, T.S. Tambiev et al. // Veterinarnaja patologija [Veterinary pathology]. – 2018. – № 1. – P. 5–17. [in Russian]
4. Rospotrebnadzor Federal'naja sluzhba po nadzoru v sfere zashhity prav potrebitel'ej i blagopoluchija cheloveka [Rospotrebnadzor Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare]. [Electronic resource]. URL: <https://www.rospotrebnadzor.ru/en> (accessed: 12.10.2021) [in Russian]
5. Bakulin V. A. Bolezni ptic [Diseases of birds] / Bakulin V. A. SPb, Publisher: V. A. Bakulin, 2006. – P. 76–92 [in Russian]
6. Bessarabov B.F. Infekcionnye bolezni zhivotnyh [Infectious diseases of animals] / B.F. Bessarabov, A.A. Vashutin, E.S. Voronin et al.; Edited by A.A. Sidorchuk. – M.:KolosS, 2007. – P. 555–559. [in Russian]
7. Tsivanyuk M.A. Razrabotka konkurentnogo varianta IFA dlja vyjavlenija antitel k virusu grippa podtipa N5 u razlichnyh vidov ptic [Development of a competitive variant of ELISA for the detection of antibodies to the influenza virus of the H5 subtype in various species of birds] / M.A. Tsivanyuk, N.N. Lugovskaya, N.S. Mudrak et al. // Veterinarnaja patologija [Veterinary pathology]. – 2007. – № 4. – P. 126–132. [in Russian]
8. Jepizooticheskaja situacija v Rossijskoj Federacii 2020 god FGBU VNIIZZh IAC Upravlenija vetnadzora g. Vladimir Informacionno-analiticheskij centr Rossel'hoznadzora [Epizootic situation in the Russian Federation 2020 FGBU AR&IAC of the Vet Supervision Department, Vladimir Information and Analytical Center of the Rosselkhoz nadzor]. [Electronic resource]. URL: https://fsvps.gov.ru/fsvps-docs/ru/iac/rf/2020/iac2020_all.pdf (accessed: 12.10.2021) [in Russian]
9. Jepidsituacija po ptich'emu grippu v Rossijskoj Federacii [Epidemic situation on avian influenza in the Russian Federation]. [Electronic resource]. URL: <https://fsvps.gov.ru/fsvps/flu/> (accessed: 12.10.2021) [in Russian]
10. Savina I.V. Osnovy veterinarnoj mikrobiologii, mikologii, virusologii i immunologii [Fundamentals of veterinary microbiology, mycology, virology and immunology]: textbook / I.V. Savina, R.M. Nurgaliev, O. L. Kartashova et al. – Orenburg: Publishing Center OGAU, 2015. – P. 152–153. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2021.113.11.054>**СЕЗОННАЯ И ВОЗРАСТНАЯ ДИНАМИКИ АСКАРИОЗА И ТРИХОЦЕФАЛЕЗА СВИНЕЙ
В УСЛОВИЯХ ФЕРМЕРСКОГО ХОЗЯЙСТВА**

Научная статья

Нижельская Е.И.*

Донской государственный аграрный университет, Персиановский, Россия

* Корреспондирующий автор (neiv62[at]mail.ru)

Аннотация

Гельминтозы сельскохозяйственных животных в настоящее время являются одной из наиболее изучаемых и проблемных задач ветеринарии. Среди гельминтозов свиней, большинство авторов сообщают о наиболее частом выявлении смешанной инвазии животных аскаридами, трихоцефалами, эзофагостомами. Для проведения эффективных лечебно-профилактических мероприятий при моно и микстинвазиях необходимо изучение эпизоотологических аспектов гельминтозов в конкретных климатогеографических зонах. В связи с вышеуказанным мы поставили задачу изучить особенности эпизоотологии, в частности, сезонную и возрастную динамику аскариоза и трихоцефалеза у свиней в условиях фермерского хозяйства Ростовской области с выгульным типом содержания.

Ключевые слова: гельминтозы, свиньи, аскариоз, трихоцефалез, сезонная динамика, возрастная динамика.

SEASONAL AND AGE DYNAMICS OF ASCARIASIS AND TRICHOCEPHALOSIS OF PIGS ON FARMS

Research article

Nizhelskaya E.I.*

Don State Agrarian University, Persianovsky, Russia

* Corresponding author (neiv62[at]mail.ru)

Abstract

Helminthiasis of farm animals is currently one of the most studied and problematic tasks of veterinary medicine. Among the helminthiasis of pigs, most authors report the most frequent detection of mixed infection of animals with ascarids, trichocephalus, esophagostoma. In order to carry out effective therapeutic and preventive measures for mono and mixed infection, it is necessary to study the epizootiological aspects of helminthiasis in specific climatic and geographic zones. In connection with the above, the authors attempt to study the features of epizootiology, in particular, the seasonal and age dynamics of ascariasis and trichocephalus in pigs in a Rostov Oblast outdoor farm.

Keywords: helminthiasis, pigs, ascariasis, trichocephalosis, seasonal dynamics, age dynamics.

Свиноводство всегда играло значительную роль в обеспечении населения продуктами питания. Производство свинины в нашей стране ведется в специализированных хозяйствах на промышленной основе, в хозяйствах с традиционной технологией, а также в фермерских и крестьянских хозяйствах [1].

Увеличению численности свиноголовья и повышению продуктивности животных часто препятствуют различные паразитарные болезни, среди которых у свиней особое место занимают кишечные нематодозы. Существенный урон развитию свиноводства, в частности в фермерских хозяйствах с традиционной системой выращивания, приносят паразитарные болезни: аскариоз, трихоцефалёз, эзофагостомоз, эймериоз, балантидиоз, гематопиноз и другие [2], [6], [10].

Гельминтозы свиней широко распространены на территории всей страны, особенно в хозяйствах с традиционным методом содержания вследствие невысокого уровня их биобезопасности [1].

Согласно данным ряда исследований средняя по стране экстенсивность инвазии при аскаридозе составляет около 17 %. В Южном, Сибирском федеральных округах и Республике Крым – 20 %, Приволжском и Уральском – около 15%, Центральном федеральном округе экстенсивность инвазии *A. suum* составляет около 13 % [3].

Второе место по распространенности среди кишечных гельминтозов свиней занимает эзофагостомоз. Наибольшая экстенсивность инвазии отмечена в Южном федеральном округе – 34 %, Уральский федеральный округ характеризуется наименьшей степенью заболеваемости свиней эзофагостомозом – около 3 % [3].

Третье по распространенности гельминтозное заболевание свиней – трихоцефалез [3]. Инвазия распространена повсеместно, однако в большей степени она встречается у молодняка (более 30 %), который является основным источником распространения возбудителя трихоцефалеза [2], [7], [8].

Для борьбы с паразитами в свиноводческих хозяйствах с традиционной системой содержания свиней и в хозяйствах с промышленной технологией разработаны и проводятся лечебно-профилактические мероприятия, которые основаны на особенностях эпизоотологии гельминтозов.

Известно, что изучение видового состава гельминтов у свиней, возрастной и сезонной динамики необходимо в познании эпизоотологии гельминтозов животных в каждой климатогеографической зоне страны. Это является основой в разработке мер профилактики и терапии гельминтозов [4], [5]. Поэтому, изучение эпизоотологической ситуации в частности по аскариозу и трихоцефалезу свиней, является актуальной проблемой для ветеринарии.

Работа выполнялась в течение 2020 – 2021 годов на свиноферме ЛПХ расположенного в Красносулинском районе Ростовской области и на кафедре паразитологии, ветеринарно-санитарной экспертизы и эпизоотологии факультета ветеринарной медицины ФГБОУ ВО Донской ГАУ.

С целью изучения сезонной и возрастной динамики аскариоза и трихоцефалеза мы проводили сезонные гельминтовооскопические исследования фекалий свиней различных половозрастных групп. Гельминтовооскопические исследования осуществляли методом Котельникова-Хренова. В качестве флотационной жидкости мы использовали

насыщенный раствор нитрата аммония (техническая гранулированная аммиачная селитра). Исследовали 90 проб фекалий свиней, в том числе, поросят группы 6-8 месяцев – 30 проб, поросят группы 2-4 – 30 проб, основных свиноматок – 30 проб.

Сбор фекалий проводился посредством специального шпателя по 5 грамм из случайно выбранных станков разных групп животных. Каждая проба помещалась в отдельный пакетик и этикировалась.

Выявленные яйца гельминтов идентифицировали с помощью атласа А.А. Черепанова «Дифференциальная диагностика гельминтозов по морфологической структуре яиц и личинок возбудителей» [9].

При проведении исследований сезонной и возрастной динамики аскариоза и трихоцефалеза свиней было установлено, что зараженность животных возбудителями выявленных инвазий регистрировалась во все времена года и имела закономерный характер. Результаты исследований представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Сезонная и возрастная динамика трихоцефалеза в ЛПХ: по результатам копрологических исследований

Сезоны 2020г	Поросята 2-4- месячного возраста		6-8- месячного возраста		Свиноматки	
	ЭИ, %	ИИ, экз.	ЭИ, %	ИИ, экз.	ЭИ, %	ИИ, экз.
зимний	46,3	1-11	76,6	1-12	34,1	1-11
весенний	28,4	1-8	30,6	1-9	15,4	1-7
летний	19,6	1-6	25,4	1-7	11,2	1-5
осенний	53,2	4-10	74,4	1-11	33,3	1-9
В среднем за год	36,7	1-11	51,7	1-12	23,5	1-11

Анализируя результаты таблицы 1 можно сделать вывод, что пик трихоцефалезной инвазии на свиноферме приходился на зимне-осенний период. Наивысшая степень ЭИ отмечалась у поросят 6-8- месячного возраста (76,6% в зимний период и 74,4% в осенний). Наименее зараженными трихоцефалами были свиноматки – ЭИ, которых составила 34,1% – в зимний и 33,3% в осенний периоды. Меньшая инвазированность свиней всех исследуемых возрастных групп трихоцефалезной инвазией приходилась на весенне-летний период.

Таблица 2 – Сезонная и возрастная динамика аскариоза в ЛПХ: по результатам копрологических исследований

Месяцы	Поросята 2-4- месячного возраста		Поросята 6-8- месячного возраста		Свиноматки	
	ЭИ, %	ИИ, экз.	ЭИ, %	ИИ, экз.	ЭИ, %	ИИ, экз.
Зимний	40,4	1-9	99,6	1-7	30,1	1-3
Весенний	55,5	1-9	99,6	1-8	35,5	1-2
Летний	80,1	1-14	100,0	1-13	60,3	1-5
Осенний	90,4	1-18	100,0	1-16	80,2	1-8
В среднем за год	66,6	1-18	99,8	1-16	51,5	1-8

Результаты таблицы 2 показывают, что сезон проявления аскариозной инвазии на свиноферме ЛПХ приходился на осенне-летний период, в зимние месяцы процент выявляемости зараженных животных был наименьшим. Аскариозом на ферме чаще всего болеют поросята в возрасте 6-8 месяцев. Поражаемость их составляла в среднем 99,8%. По мере выращивания, с возрастом, интенсивность и экстенсивность аскариозной инвазии снижались.

Анализируя полученные данные, мы приходим к заключению, что пик аскариозной инвазии на свиноферме приходится на летне-осенний период, а трихоцефалезной на осенне-зимний период. В среднем процент выявленных больных аскариозом свиней исследуемых возрастных групп осенью составил – 90,1%; летом – 80,1%; весной – 63,6% и зимой – 56,7%. Средний процент инвазированности свиней трихоцефалезом в исследуемых возрастных группах составил в осенний период – 53,6%; в зимний период – 52,3%; в весенний – 24,8% и наименьший процент в летний период – 18,7%. Исследования возрастной динамики по изучаемым нематодозам выявило большую подверженность заражению свиней и аскариозом, и трихоцефалезом в возрасте 6-8 месяцев. Экстенсивность трихоцефалезной инвазии отмечалась у поросят 6-8- месячного возраста в среднем за год 51,7%, а экстенсивность аскариозной инвазии у поросят этого возраста составляла в среднем 99,8%.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

- Басынин С.Е. Распространение основных гельминтозов свиней в Республике Мордовия / С.Е. Басынин, Р.Т. Сафиуллин // Теория и практика паразитарных болезней животных. 2010 №11 С. 45-48.
- Гайворонский В.И. Инвазированность свиней трихоцефалами / В.И. Гайворонский // Актуальные проблемы и методические подходы к диагностике, лечению и профилактике болезней животных: материалы международной науч.-практ. конф. пос. Персиановский, 2016 С. 105-108.
- Домацкий В.М. Распространение аскариоза, эзофагостомоза и трихоцефалеза в Российской Федерации / В.М. Домацкий // Вестник КрасГАУ. 2021. № 2. С. 80-86.

4. Куликова О.Л. Моно- и микстнематодозы свиней / А.В. Аринкин, В.В. Сочнев, А.А. Савельев [и др] // Ветеринарная патология. 2006. Т.16. №1 С. 63-66.
5. Петров Ю. Ф. Ассоциативные болезни свиней и их профилактика / Ю. Ф. Петров. – Иваново, 1999. 55 с.
6. Рудковская Е.Г. Микстинвазия свиней в хозяйствах Центрального района Нечерноземья Российской Федерации (эпизоотология, патогенез, и лечение) / Е.Г. Рудковская: дис. ... канд. ветеринар. наук.: 03.00.19. Иваново, 2000. 131 с.
7. Сафиуллин Р. Т. Эпизоотологическая ситуация по паразитозам свиней в фермерских и крестьянских хозяйствах / Р. Т. Сафиуллин // Тр. Всерос. ин-та гельминтол. – 1997. – Т. 33. – С. 139-146.
8. Сафиуллин Р.Т. Эпизоотическая ситуация по аскаридозу свиней по зонам страны и прогноз / Р. Т. Сафиуллин // Теория и практика паразитарных болезней животных. 2009 №10 С. 344-348.
9. Черепанов А. А. Дифференциальная диагностика гельминтозов по морфологической диагностике яиц и личинок возбудителей: атлас. / А. А. Черепанов, А. С. Москвин, Г. А. Котельников, В. М. Хренов. – М.: Колос, 2001. – 76 с.
10. Ямщиков В. Н. Распространение и терапия кишечных гельминтозов свиней / В. Н. Ямщиков: дис. ... канд. ветеринар. наук.: 03.00.19. Н. Новгород, 2003. 122 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Basyunin S.E. Rasprostranenie osnovnykh gel'mintozov svinej v Respublike Mordovija [Spread of pig helminthiasis in the Republic of Mordovia] / S.E. Basyunin, R.T. Safiullin // Teoriya i praktika parazitarnykh boleznej zhivotnykh. [Russian Journal of Parasitology] 2010 №11 pp. 45-48. [in Russian]
2. Gajjvoronskij V.I. Invazirovannost' svinej trikhocefalami [Invasion of pigs with trichuris trichiura] / V.I. Gajjvoronskij // Aktual'nye problemy i metodicheskie podkhody k diagnostike, lecheniju i profilaktike boleznej zhivotnykh: materialy mezhdunarodnoj nauch.-prakt. konf. pos. Persianovskij, [Modern issues and methodological approaches of diagnostics, treatment and prevention of animal diseases: proceedings of the scientific and practical conference, Persianovsky] 2016 pp. 105-108. [in Russian]
3. Domackij V.M. Rasprostranenie askarioza, ehzofagostomoza i trikhocefaleza v Rossijskoj Federacii [The spread of ascariasis, esophagostomosis and trichocephalosis in the Russian Federation] / V.M. Domackij // Vestnik KrasGAU [the Bulletin of KrasGAU]. 2021. № 2. pp. 80-86. [in Russian]
4. Kulikova O.L. Mono- i miksnnematodozy svinej [Mono- and mixed nematodes of pigs] / O.L. Kulikova, A.V. Arinkin, V.V. Sochnev, et al. // Veterinarnaja patologija. [Veterinary Pathology] 2006 Vol.16 №1 pp. 63-66. [in Russian]
5. Petrov Ju. F. Associativnye bolezni svinej i ikh profilaktika. [Pig associative diseases and their prevention]: extended abstract / Ju. F. Petrov – Ivanovo, 1999. 55 p. [in Russian]
6. Rudkovskaja E.G. Mikstinvazija svinej v khozajstvakh Central'nogo rajjona Nechernozem'ja Rossijskoj Federacii (ehpizootologija, patogenezi, lechenie) [Mixinvasion of pigs on the farms of the Central non-chernozem region of the Russian Federation (epizootology, pathogenesis, and treatment)] : extended abstract of Candidate's Thesis. Veterinary medicine. 03.00.19 / E.G.Rudkovskaja Ivanovo, 2000. 131 p. [in Russian]
7. Safiullin R. T. Ehpizootologicheskaja situacija po parazitozam svinej v fermerskikh i krest'janskikh khozajstvakh [Epizootological situation on the pig parasitosis on farms and peasant households] / R. T. Safiullin // Vseros. in-ta gel'mintol [Studies of All-Russian Scientific Research Institute for Fundamental and Applied Parasitology of Animals and Plant] – 1997. – Vol. 33. – pp. 139-146. [in Russian]
8. Safiullin R.T. Ehpizooticheskaja situacija po askaridozu svinej po zonam strany i prognoz [Epizootic situation of pigs ascariasis by regions of Russia and predictions] / R.T. Safiullin // Teoriya i praktika parazitarnykh boleznej zhivotnykh. [Russian Journal of Parasitology] 2009 №10 pp. 344-348. [in Russian]
9. Cherepanov A. A. Differencial'naja diagnostika gel'mintozov po morfologicheskoi diagnostike jaic i lichinok vozbuditelej: atlas. [Differential diagnosis of helminthiasis with morphological diagnostics of eggs and maggots of parasites: atlas] / A. A. Cherepanov, A. S. Moskvina, G. A. Kotelnikov et al. – М.: Kolos, 2001. – 76 p. [in Russian]
10. Jamshhikov V. N. Rasprostranenie i terapija kishhechnykh gel'mintozov svinej [Spread and treatment of intestinal helminthiasis of pigs]: extended abstract of Candidate's Thesis. Veterinary medicine: 03.00.19. / V. N. Jamshhikov // Novgorod, 2003. 122 p. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2021.113.11.055>

ФАРМАКОЛОГИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ РАЗЛИЧНЫХ ДОЗ ПРОТИВОВИРУСНОГО ПРЕПАРАТА «ТРИАЗАВИРИН» ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ ПРИМЕНЕНИИ ТЕЛЯТАМ

Научная статья

Решетникова Т.И.^{1,*}, Зенкин А.С.²

¹ ORCID: 0000-0002-8591-8069;

² ORCID: 0000-0002-1467-3367;

^{1,2} Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева, Саранск, Россия

* Корреспондирующий автор (rechetnikova77[at]mail.ru)

Аннотация

Целью исследования было исследование субтоксичности для телят противовирусного препарата «Триазавирин» при приеме внутрь. В эксперименте принимали участие 60 телят черно-пестрой породы, в возрасте от 15 до 60 дней, без клинических признаков заболеваний.

Для проведения опыта по изучению безвредности препарата, было сформировано две группы телят по методу аналогов, учитывались возраст и живая масса животных. Все содержались в одинаковых условиях и имели один рацион кормления в соответствии с возрастом. Первой группе телятам вводили экспериментальный препарат «Триазавирин» внутрь в дозе 500 мг препарата, второй группе - в дозе 750 мг. Для проведения опыта по изучению хронической токсичности была сформирована третья группа телят, животные получали препарат в дозе 500 мг внутрь, один раз в день, в течение 28 дней.

Опыт по изучению безвредности противовирусного препарата «Триазавирин» не привел к летальному исходу телят. Гематологический анализ крови выявил лейкоцитоз, лимфоцитоз. Прием препарата вызывает угнетение функции красного ростка костного мозга. Гемоглобин и гематокрит до проведения эксперимента и после, не достигает нижних пределов физиологических показателей. Биохимический анализ крови выявил признаки повышенной нагрузки на гепатоциты печени, на сердце, коэффициент Де Ритиса повышен. Прием препарата снижает уровень иммуноглобулинов.

При проведении эксперимента по изучению хронической токсичности ни одно экспериментальное животное не пало. При анализе гематологических показателей отмечается лейкоцитоз и тромбоцитоз. Длительный прием препарата приводит к повышению нагрузки на гепато-билиарную систему. При биохимическом анализе состава сыворотки крови телят выявлены признаки нарушения белкового обмена и белоксинтезирующей функции печени, а так же приводит к угнетению щитовидной железы и снижению уровня гормонов Т₃ и Т₄. При длительном приеме противовирусного препарата триазавирина наблюдается иммуносупрессия организма подопытных телят.

Ключевые слова: телята, противовирусный препарат, токсичность, кровь, гематологические, биохимические, гормональные, иммунологические исследования.

PHARMACOLOGICAL EFFECT OF VARIOUS DOSES THE ANTIVIRAL DRUG "TRIAZAVIRIN" WHEN EXPERIMENTALLY ADMINISTERED TO CALVES

Research article

Reshetnikova T.I.^{1,*}, Zenkin A.S.²

¹ ORCID: 0000-0002-8591-8069;

² ORCID: 0000-0002-1467-3367;

^{1,2} N. P. Ogarev National Research Mordovian State University, Saransk, Russia

* Corresponding author (rechetnikova77[at]mail.ru)

Abstract

The aim of the study was to examine the subtoxicity of the antiviral drug "Triazavirin" when administered to calves. The experiment involved 60 Black Pied calves aged 15 to 60 days without clinical signs of diseases.

To experimentally test the harmlessness of the drug, two groups of calves were formed using the method of analogs, the age and live weight of the animals were also taken into account. All animals were kept in the same conditions and had the same diet based on their age. The first group of calves were administered a 500 mg dose of the drug, the second group - a 750 mg dose. To conduct an experiment on the study of chronic toxicity, the third group of calves was formed, the animals received a 500 mg dose of the drug orally, once a day, for 28 days.

The experiment on the harmlessness of the antiviral drug "Triazavirin" did not lead to a fatal outcome. Hematological blood analysis identified leukocytosis, lymphocytosis. Administering the drug causes inhibition of the function of the red bone marrow germ. Hemoglobin and hematocrit before and after the experiment do not reach the lower limits of physiological parameters. Biochemical blood analysis revealed signs of increased load on hepatocytes of the liver and the heart, the De Ritis ratio was increased. The drug reduces the level of immunoglobulins.

During the experiment on the study of chronic toxicity, there were no fatal cases observed. When analyzing hematological parameters, leukocytosis and thrombocytosis were noted. Prolonged administration of the drug leads to an increase in the load on the hepatobiliary system. Biochemical analysis of the composition of the blood serum of calves revealed signs of impaired protein metabolism and protein-synthesizing liver function, as well as led to thyroid depression and a decrease in the level of hormones T₃ and T₄. With prolonged use of triazavirin, immunosuppression of the body of experimental calves is observed.

Keywords: calves, antiviral drug, toxicity, blood, hematological, biochemical, hormonal, immunological studies.

Введение

Постановка токсикологических экспериментов, для выявления безвредного действия препарата, острых и хронических процессов, необходима для выявления степени повреждения экспериментальным фармакологическим препаратом, выявления чувствительных органов и систем организма, и исследования степени обратимости повреждений [1, С. 7-9], [7, С. 157-167], [8, С. 38-40].

Токсичность является совокупностью функциональных, морфологических нарушений клеток, тканей, органов, систем опытных животных в зависимости от дозировки и длительности приема препарата. Гематологические, биохимические, гормональные, иммунологические исследования позволяют эффективно оценить состояние организма и изменения при тестировании фармакологических средств [2, С. 62-66], [3, С. 55-60], [5, С. 17-22], [6, С. 151-155]. Подтверждение безопасности новых лекарственных препаратов для животных является актуальной задачей для ветеринарии [4, С.4], [9, С. 395-396], [10, С. 153-180].

Целью исследования было исследование безвредности и токсичности различных доз для телят различного возраста противовирусного препарата «Триазавирин» при приеме внутрь.

Материалы и методы исследований

Исследования и постановка опыта проводились в 2017 году, на базе АО «Учхоз Июльское Ижевской ГСХА» Воткинского района УР, с. Июльское. Исследование крови производилось в «Межфакультетской учебно-научной лаборатории биотехнологии» Федерального государственного бюджетного учреждения высшего образования «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия» (ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА).

В эксперименте принимали участие 60 телят черно-пестрой породы, в возрасте от 15 до 60 дней, без клинических признаков заболеваний.

Для проведения опыта по изучению безвредности, было сформировано две группы телят (№1 и №2) по методу аналогов, учитывались такие показатели, как возраст и живая масса. Все животные содержались в одинаковых условиях и имели один рацион кормления в соответствии с возрастом. Первой группе телятам вводили экспериментальный препарат «Триазавирин» классическим способом - внутрь, через рот, в дозе 500 мг препарата (2 капсулы). Вторая группа телят получала препарат «Триазавирин» в дозе 750 мг (3 капсулы).

Для проведения опыта по изучению субхронической токсичности была сформирована третья группа телят, животные получали препарат в дозе 500 мг (2 капсулы), внутрь, через рот, один раз в день, в течение 28 дней. Схема опыта представлена в таблице 1.

До и после эксперимента у опытных телят производился забор крови из яремной вены для анализа показателей.

Таблица 1 – Схема опыта

№ опыта	Способ введения и дозировка	Количество животных	Режим введения
1	500 мг «Триазавирин», 2 капсулы	20 телят, возраст 15 – 30 дней	Внутрь, через рот, 1 раз в сутки, в течение 5 дней
2	750 мг «Триазавирин», 3 капсулы	20 телят, возраст 60 дней	Внутрь, через рот, 1 раз в сутки, в течение 5 дней
3	500 мг «Триазавирин», 2 капсулы	20 телят, возраст 60 дней	Внутрь, через рот, 1 раз в сутки, в течение 28 дней

В ходе эксперимента были проведены гематологические, биохимические, гормональные, иммунологические исследования. Гематологические исследования производились на автоматическом гематологическом анализаторе BC-2800Vet компании «Mindray» – КНР. Биохимические исследования проводились на автоматическом биохимическом анализаторе «Mindray» BS-300 (Китай), использовались диагностические наборы ДДС АО «Диакон» (Россия, г. Пущино). Определение уровня гормонов производилось на автоматическом иммуноферментном анализаторе Alisei (SEAC srl, Италия), использовались наборы реагентов для количественного иммуноферментного определения в сыворотке крови гормонов тиреотропного (ТТГ), трийодтиронина (Т₃), свободного тироксина (Т₄), кортизола фирмы ООО «Компания Алкор Био» (Россия, г. Санкт-Петербург). Иммунологические исследования проводились на биохимическом анализаторе Clima MC-15 RAL (Испания), с использованием наборов реагентов для определения концентрации иммуноглобулинов А, М, G в сыворотке крови иммунотурбидиметрическим методом, фирмы ОАО «Витал Девелопмент Корпорэйшн» (Россия, г. Санкт-Петербург).

Статистическая обработка выполнена при помощи метода вариационной статистики с использованием t-критерия Стьюдента, с использованием программы для статистического анализа «Microsoft Excel 7.0».

Результаты эксперимента и их обсуждение

При проведении эксперимента изучения безвредности, субхронической токсичности и влияния препарата на показатели крови, ингаляционная обработка проводилась индивидуально каждому животному, при помощи анатомической маски и небулайзера. Животные не проявляли признаков стресса и волнения.

Проводя анализ гематологических показателей при исследовании токсичности (Таблица 2), мы наблюдаем повышение уровня лейкоцитов после приема препарата в обеих группах на 153,9 % и на 17,97 %. В третьей группе, при анализе субхронической токсичности отмечается рост показателя на 457,42%. Лимфоциты повышаются в первой группе на 43,3 %, во второй – на 9,51 %, в третьей увеличиваются на 33,9 %. Моноциты активно увеличиваются во второй группе на 101,5 %, снижаются в первой – на 12,3 %, в третьей – на 6,83 %. Уровень гранулоцитов снижается в первой группе на 41,0 %, во второй – 16,62%, в третьей – на 20,32 %.

При анализе уровня эритроцитов наблюдаем повышение показателя после приема препарата, в первой группе на 18,1 %, во второй увеличивается на 1,47 %, в третьей снижается на 1,7 %. Гемоглобин повышается в первой группе на 5,9 %, во второй - понижается на 2,748 %, и в третьей - на 0,5 % соответственно. Уровень гематокрита повышается в первой группе на 10,8% и третьей на 7,4%, во второй снижается на 8, 95%. Тромбоциты в первой опытной группе снижаются на 3,5 %, во второй повышается на 3,23%, а в третьей – на 110,3% (Таблица 2).

Таблица 2 – Динамика гематологических показателей крови телят опытных групп

Показатель	1 группа		2 группа		3 группа	
	контроль	опыт	контроль	опыт	контроль	опыт
Лейкоциты, $\cdot 10^9/\text{л}$	8,76 \pm 1,3	22,24 \pm 5,0**	30,6 \pm 2,1	36,1 \pm 0,18**	11,93 \pm 0,58	66,5 \pm 26,8*
Лимфоциты, %	31,2 \pm 1,3	44,7 \pm 6,2*	71,5 \pm 1,37	78,3 \pm 3,06*	37,43 \pm 2,39	50,1 \pm 5,76*
Моноциты, %	14,16 \pm 0,83	12,42 \pm 0,081*	4,02 \pm 1,8	8,1 \pm 0,766*	9,23 \pm 0,3	8,6 \pm 0,06*
Гранулоциты, %	53,22 \pm 2,1	31,4 \pm 8,0**	21,6 \pm 0,93	18,01 \pm 1,02**	51,83 \pm 2,36	41,3 \pm 4,51*
Эритроциты, $\cdot 10^{12}/\text{л}$	7,13 \pm 0,48	8,42 \pm 0,1041**	6,8 \pm 0,04	6,9 \pm 0,03*	9,45 \pm 0,07	9,29 \pm 0,03*
Гемоглобин, г/л	69,1 \pm 1,2	73,2 \pm 0,96**	73,1 \pm 0,99	71,1 \pm 0,14*	101,5 \pm 0,12	101 \pm 0,0136***
Гематокрит, %	22,3 \pm 0,82	24,7 \pm 0,889*	22,02 \pm 0,6	20,05 \pm 0,77*	28,63 \pm 0,9	30,74 \pm 0,49*
Тромбоциты, $\cdot 10^9/\text{л}$	760,54 \pm 12,5	733,9 \pm 1,78*	721,3 \pm 11,2	744,6 \pm 1,4*	609 \pm 29,99	1280,8 \pm 254,1**

Примечание: * - $P \geq 0,950$, ** - $P \geq 0,990$, *** - $P \geq 0,999$

Анализ биохимических данных сыворотки крови телят, в трех опытных группах, показал значительные изменения по различным показателям (Таблица 3).

Холистерин незначительно увеличивается в первой и второй группе на 1,28 % и 2,9 % соответственно, в третьей - на 14,04 %.

Креатинин падает в первой группе на 5,9%, во второй группе повышается на 8,53 %, в третьей повышается на 8,38 %.

В первой и второй опытных группах отмечается повышение уровня АсАТ (аспартатаминотрансферазы), после проведения опыта данный показатель вырос на 18,07 % и 5,5 % соответственно. В третьей группе уровень АсАТ снижается на 31,75 %. АлАТ (аланинаминотрансфераза) находится в пределах физиологической нормы, как до проведения опыта, так и после. В первой опытной группе отмечается повышение показателя на 5,0 %, во второй наблюдается понижение показателя на 5,5 %, в третьей группе - на 0,65 % соответственно. Коэффициент де Ритиса в первой и второй опытных группах значительно растет, в первой группе на 12,27 %, во второй – на 11,7 %, соответственно. В третьей группе коэффициент снижается на 31,31 %.

Мочевина при проведении эксперимента снижается в первой и во второй опытных группах. Но и до проведения опыта, во второй и третьей группах уровень показателя не достигал нижних границ среднего показателя физиологической нормы. В первой группе уровень мочевины снизился на 21,6 %, во второй – на 42,1 %, в третьей - на 7,7 %.

В первой опытной группе уровень ЩФ (щелочная фосфатаза) снижается на 6,4 %, во второй группе растет на 16,1%, и в третьей - на 57,12 % соответственно.

ГГТП (гамма-глутамилтранспептидаза) во всех опытных группах колеблется. В первой группе идет снижение на 26,3 %, во второй повышение на 6,59 % и в третьей – на 77,3 %. Понижение показателя диагностического значения не представляет.

ЛДГ (лактатдегидрогеназа) в первой группе после проведения эксперимента увеличивается на 17,51 %, во второй – на 48,81%, и в третьей увеличивается на 15,36 %. Данные цифры находятся в пределах нормы, указывает на углеводный обмен, в частности на обмен глюкозы в организме.

Железо в сыворотки крови телят в опытных группах значительно колеблется, в первой и во второй снижается на 20,3 % и на 9,73 % соответственно. В третьей группе показатель повышается на 4,1 % после проведения эксперимента. Так же отмечается понижение уровня ОЖСС (общая железо-связывающая способность сыворотки крови) во всех группах, в первой – на 8,5 %, во второй – на 3,24 %, в третьей – на 3,6 %. КНТ (коэффициент насыщения трансферрина железом) связанный с содержанием железа в крови телят снижается в первых двух экспериментальных группах, в первой - на 12,37 %, во второй – на 7,86 %. В третьей растет на 7,4 %. (Таблица 3).

Таблица 3 – Динамика биохимических показателей сыворотки крови телят опытных групп

Показатель	1 группа		2 группа		3 группа	
	контроль	опыт	контроль	опыт	контроль	опыт
Холестерин, ммоль/л	2,35 \pm 0,01	2,38 \pm 0,0019**	2,76 \pm 0,03	2,84 \pm 0,026*	2,35 \pm 0,13	2,68 \pm 0,071*
Креатинин, мкмоль/л	80,5 \pm 0,3	75,75 \pm 2,3*	58,6 \pm 1,5	63,6 \pm 1,08*	66,25 \pm 1,1	71,8 \pm 2,5*
АсАТ, ед/л	41,5 \pm 2,1	49 \pm 3*	72,4 \pm 0,8	76,4 \pm 1,229**	97 \pm 13,597	66,2 \pm 4,91*
АлАТ, ед/л	15 \pm 0,3	15,75 \pm 0,32*	14,6 \pm 0,22	13,8 \pm 0,32*	15,5 \pm 0,02	15,4 \pm 0,033**
Мочевина, ммоль/л	3,38 \pm 0,37	2,65 \pm 0,02*	1,14 \pm 0,13	0,66 \pm 0,193*	1,3 \pm 0,04	1,2 \pm 0,03*
ЩФ, ед/л	311,25 \pm 1,9	291,25 \pm 9,8*	587,2 \pm 40,9	681,6 \pm 1,8*	296,33 \pm 75,93	465,6 \pm 33*
ГГТП, ед/л	43,75 \pm 2,1	32,25 \pm 5,16*	36,4 \pm 0,3	38,8 \pm 0,835**	46,25 \pm 11,34	82 \pm 14*
ЛДГ, ед/л	437,5 \pm 12,2	514 \pm 35*	649 \pm 75,68	965,8 \pm 124,1*	599 \pm 33,5	691 \pm 11,5**

Окончаие таблицы 3 – Динамика биохимических показателей сыворотки крови телят опытных групп

Показатель	1 группа		2 группа		3 группа	
	контроль	опыт	контроль	опыт	контроль	опыт
Железо, мкмоль/л	13,65±0,2	10,88±1,292*	31,64±1,1	28,56±0,268**	15,83±0,3	16,48±0,1235*
ОЖСС, мкмоль/л	95,95±1,01	87,83±3,91*	89,58±0,92	86,68±1,076*	77,68±1,4	74,88±0,22*
КНТ, %	14,15±0,228	12,4±0,77*	35,1±1,3	32,34±0,147*	20,5±0,75	22,01±0,02*

Примечание: * - $P \geq 0,950$, ** - $P \geq 0,990$, *** - $P \geq 0,999$

Анализ ряда гормональных показателей сыворотки крови телят показал некоторые изменения. Уровень ТТГ (тиреотропный гормон) при введении телятам триазавирина во всех опытных группах снижается, в первой и второй группе понижается на 52,94 % и на 24,21 %, в третьей - на 32,059 %. Тироксин свободный (T_4) увеличивается в первой группе - на 13,5 %, во второй и третьей снижается на 5,9 % и на 15,46 % соответственно. Трийодтиронин общий (T_3) в трех опытных группах снижается, в первой группе - на 8,84 %, во второй - на 4,12 %, в третьей - на 2,7 %. Кортизол при приеме телятами триазавирина значительно снижается в первой и второй экспериментальных группах, в первой группе - на 66,53 %, во второй - на 68,6 %. В третьей опытной группе резко и значительно увеличивается на 508,37 % (Таблица 4).

Таблица 4 – Концентрация гормонов в сыворотке крови телят до и после проведения опыта

Показатель	1 группа		2 группа		3 группа	
	контроль	опыт	контроль	опыт	контроль	опыт
ТТГ, мкМЕ/мл	0,068±0,006	0,032±0,0085***	0,095±0,006	0,072±0,01*	0,078±0,011	0,053±0,005*
T_4 , пмоль/л	13,253±0,3	15,04±0,771*	17,382±0,26	16,354±0,146***	16,17±0,455	13,67±1,13*
T_3 , нмоль/л	2,603±0,04	2,373±0,073**	3,202±0,03	3,07±0,06*	3,005±0,02	2,924±0,0233**
Кортизол, нмоль/л	54,72±11,604	18,353±5,0**	19,65±6,6	6,17±1,41*	24,523±10,699	149,19±41,9**

Примечание: * - $P \geq 0,950$, ** - $P \geq 0,990$, *** - $P \geq 0,999$

При оценке белковых фракций крови телят и групп иммуноглобулинов можно судить об иммунологическом статусе (Таблица 5). Общий белок в первой опытной группе понижается на 4,4 %, во второй и третьей группах повышается на 13,7 % и на 2,2 % соответственно. Группа альбуминов, так же в первой группе - понижается на 5,5 %, во второй и третьей - повышается на 12,45 % и 26,5%. Глобулины повышаются, в первой - на 2,36 %, во второй - на 14,8 %, а в третьей понижаются на 20,84 %. Сывороточный иммуноглобулин группы А (IgA) после применения противовирусного препарата «Триазавирин», в первой и второй опытных группах понижается на 96,15 % и 8,3 %, соответственно, в третьей - на 20,0%. После применения препарата в первой и второй опытных группах отмечается понижение уровня IgM в сыворотке на 78,3 и 78,7 %, в третьей отмечается повышение - на 19,36%. Иммуноглобулин G в сыворотке крови содержится в наиболее высокой концентрации и составляет от 70 до 85 % всех иммуноглобулинов. На фоне применения препарата, уровень IgG в первой опытной группе повышается на 21,15%, во второй и третьей снижается на 53,5 % и на 19,36% соответственно (Таблица 5).

Таблица 5 – Уровень белков в сыворотке крови телят опытных групп до и после проведения опыта

Показатель	1 группа		2 группа		3 группа	
	контроль	опыт	контроль	опыт	контроль	опыт
Общий белок, г/л	58,4±0,9	55,83±0,8*	59,74±3,94	67,92±1,19*	64,63±0,2	66,04±0,48**
Альбумин, г/л	31,88±0,88	30,13±0,03*	27,28±0,996	30,66±0,76**	31,43±0,31	39,76±2,99**
Глобулины, г/л	26,53±0,4	25,7±0,03*	32,46±2,2	37,26±0,11*	33,2±2,05	26,28±2,71*
Альбумин-глобулиновый коэффициент	1,26±0,02	1,22±0,002*	0,87±0,074	0,84±0,072	0,96±0,052	1,57±0,189**
Ig A, г/л (мг/дл)	0,52±0,073	0,02±0,1221***	0,72±0,022	0,66±0,019*	0,34±0,018	0,272±0,0024***
Ig M, г/л (мг/дл)	0,6±0,2	0,13±0,12*	0,53±0,04	0,113±0,2*	0,31±0,02	0,37±0,021*
Ig G, г/л (мг/дл)	5,2±0,09	6,3±0,4001**	0,172±0,03	0,08±0,017**	0,31±0,004	0,25±0,023*

Примечание: * - $P \geq 0,950$, ** - $P \geq 0,990$, *** - $P \geq 0,999$

При изучении безвредности (токсичности) противовирусного препарата «Триазавирин» в выше указанных дозах в течение 5 дней, все опытные животные хорошо себя чувствуют, принимают корм, активны, реагируют на внешние раздражители. Падеж опытных животных отсутствует.

При проведении эксперимента и анализа состава крови у телят отмечается ряд изменений, в частности лейкоцитоз, во второй группе и лимфоцитоз. Уровень эритроцитов находится в пределах средних показателей, но гемоглобин и гематокрит до проведения эксперимента и после, не достигает нижних пределов физиологических показателей.

Биохимические показатели так же не стабильны. Уровень ЩФ, ГГТП, ОЖСС как до, так и после проведения опыта, превышает средние нормы, уровень мочевины не достигает нижнего уровня средних значений, что может

свидетельствовать о замедлении ее синтеза в клетках печени. Коэффициент де Ритиса в опытных группах до и после приема препарата превышает значение 2,0. Уровень АсАТ и АлАТ не превышает физиологические средние показатели. Данные показатели могут свидетельствовать о нагрузке на сердечно-сосудистую систему, нарушения обмена веществ (белкового и минерального), интоксикации, нарушения работы гормональной системы.

Гормональный статус животных меняется при приеме экспериментального препарата. В частности уровень ТТГ, Т₃, кортизола падает в обеих опытных группах, а уровень Т₄ в первой группе (с меньшей дозой препарата) растет. Прием триазавирина в различных дозах может приводить как к активизации, так и к угнетению функции щитовидной железы, и к изменению обмена веществ организма телят. Уровень гормонов Т₃ и Т₄ влияет на качество эритропоэза. При анализе гематологических данных мы наблюдаем стабильный уровень эритроцитов в крови на фоне пониженного уровня гемоглобина и гематокрита.

Уровень кортизола в сыворотке крови снижается у животных опытных групп. Дополнительный стресс от приема лекарственного препарата не отражается на уровне гормона, следовательно, данные отражают стимуляцию щитовидной железы, активную выработку гормона Т₄ и нормализацию работы системы гипотиз - кора надпочечников - щитовидная железа.

Общий белок в опытных группах колеблется и только во второй группе достигает уровня физиологической нормы. Альбумины после приема препарата соответствуют норме. Глобулины в первой опытной группе понижены. Данный показатель может являться признаком нарушения функции печени, белкового обмена, нарушения иммунной защиты организма.

Имуноглобулины А, М, G снижаются после приема препарата. В первой опытной группе только имуноглобулин G увеличивается. Недостаточность IgA является самым часто встречающимся первичным иммунодефицитным состоянием. Низкий уровень IgA провоцирует частые инфекции дыхательной, пищеварительной, мочеполовой систем, провоцирует атопические расстройства, а также неврологическими и аутоиммунными заболеваниями.

Имуноглобулин М синтезируется В-лимфоцитами активирует фагоцитоз и фракции комплемента, нейтрализует вирусы и агглютинирует бактерии. Снижение уровня может быть связано с приемом противовирусного препарата, имеются данные по угнетающему эффекту на уровень имуноглобулинов М при приеме иммунодепрессантов и цитостатиков.

Имуноглобулин G вырабатывается В-лимфоцитами, отвечает за формирование комплексов «антиген-антитело», играет основную роль в формировании длительного гуморального иммунитета после перенесенных инфекционных заболеваний. В первой группе Ig G повышается, и это может быть связано с хроническими гнойными инфекциями, поражениями печени, паразитозами, аутоиммунными заболеваниями. Во второй опытной группе Ig G понижается, и это может быть связано с потерей белков при энтеро- и нефропатиях, лечение иммунодепрессантами и цитостатиками, лимфопролиферативными заболеваниями, атопическим дерматитом и другими аллергическими заболеваниями, мышечной дистрофией.

При изучении субхронической токсичности противовирусного препарата «Триаваирин» в выше указанных дозах в течение 28 дней, все опытные животные хорошо себя чувствуют, принимают корм, активны, реагируют на внешние раздражители. Падежа нет.

При анализе гематологических показателей отмечается лейкоцитоз и тромбоцитоз после приема препарата. Увеличение уровня лейкоцитов сопровождается прием многих лекарственных препаратов, а также является признаком активизации фагоцитоза и увеличения выработки антител. Причиной тромбоцитоза может являться молодой возраст, инфекционно-воспалительные заболевания, железодефицитная анемия.

Биохимические показатели, такие как мочевины, ЩФ и ГГТП, до приема экспериментального препарата не соответствовали физиологическим нормам, после приема препарата – отклонились более значительно. Низкий уровень мочевины свидетельствует о замедлении белкового обмена в печени и снижении синтетической функции. Значительное повышение уровня ЩФ в сыворотке крови опытных телят связано с физиологическими возрастными особенностями. Повышение уровня ГГТП в сыворотке крови связывают с поражением гепато-билиарной системы печени, может свидетельствовать о гибели гепатоцитов (гепатит, гепатоз, цирроз), холестазах, панкреатите, интоксикации, лекарственном воздействии, поражениях сердечно-сосудистой системы. В нашем случае, при постановке эксперимента, повышение уровня ГГТП мы отмечали, как в опытной, так и в контрольной группах, и связываем этот факт с возрастом телят. Уровень ГГТП у молодых животных, особенно новорожденных, значительно выше, чем у взрослых. Так же на активность данного показателя влияют лекарственные препараты – антибиотики, противогрибковые препараты, противовоспалительные и др. Противовирусный экспериментальный препарат может оказывать влияние на состояние ряда органов, и печени в частности.

При длительном приеме экспериментального противовирусного препарата телятами уровень альбуминов повышается, а глобулинов – понижается в сыворотке крови. Более показательным является изменение уровня имуноглобулинов А, М, G. После длительного приема противовирусного препарата «триаваирин» уровень имуноглобулинов А и G снижается, а IgM повышается. Новорожденные телята имеют минимальный уровень имуноглобулинов в крови и основную их часть получаю с молозивом. К двухмесячному возрасту у теленка начинают функционировать собственные органы иммунной защиты и вырабатывать защитные компоненты, в том числе и имуноглобулины. При технологических условиях содержания к 2-х месячному возрасту уровень имуноглобулинов снижается, а органы иммунной системы не могут обеспечить полноценную защиту организма от инфекционного фактора. Если организм испытывает стрессовое состояние, нарушения обмена веществ, сбой гормонального статуса и др., то отмечается снижение уровня имуноглобулинов.

Длительный прием противовирусного препарата «Триаваирин» приводит к снижению уровня гормонов ТТГ, Т₃, Т₄, что свидетельствует о негативном влиянии препарата на щитовидную железу.

Заключение

1. Опыт по изучению безвредности и приему противовирусного препарата «Триазавирин» 5 дней в указанных дозах не привел к летальному исходу телят. Гематологический анализ крови выявил лейкоцитоз, лимфоцитоз. Прием препарата вызывает угнетение функции красного ростка костного мозга. Гемоглобин и гематокрит до проведения эксперимента и после, не достигает нижних пределов физиологических показателей. Биохимический анализ крови выявил признаки повышенной нагрузки на гепатоциты печени, на сердце, коэффициент Де Ритиса повышен. Прием препарата снижает уровень иммуноглобулинов.

2. При проведении эксперимента по изучению субхронической токсичности и применению противовирусного препарата «Триазавирин», в течении 28 дней, в выше указанных дозах, ни одно экспериментальное животное не пало. При анализе гематологических показателей отмечается лейкоцитоз и тромбоцитоз. Длительный прием препарата приводит к повышению нагрузки на гепато-билиарную систему. При биохимическом анализе состава сыворотки крови телят выявлены признаки нарушения белкового обмена и белоксинтезирующей функции печени, а также приводит к угнетению щитовидной железы и снижению уровня гормонов Т₃ и Т₄. При длительном приеме противовирусного препарата триазавирин наблюдается иммуносупрессия организма подопытных телят.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Альдяков, А.В. Клиническое изучение эффективности препарата миксоферона при бронхопневмонии телят / А.В. Альдяков, С.Д. Назаров // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2015. - Т. 224. - № 4. - С. 7 – 9.
2. Брюхова, И.В. Острая токсичность Прималактата и влияние его на биохимический статус коров / И.В. Брюхова, Н.И. Шумский, Ю.Н. Масьянов // Международный вестник ветеринарии. – 2015. - №3. – С. 62 – 66.
3. Костеша, Н.Я. Гормональный статус организма телят при холодном методе выращивания / Н.Я. Костеша, А.Г. Иванов, Е.С. Дементьева // Сельскохозяйственные науки: научные приоритеты ученых. Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. – 2016. – С. 55 – 60.
4. Одегов, Е.С. Оценка показателей клеточного иммунитета при респираторной патологии у телят / Е.С. Одегов, О.Г. Петрова // Вестник биотехнологии. – 2017. - №4 (14). – с. 4.
5. Равилов, А.З. Влияние Приминкора на клинические, гематологические и биохимические показатели крупного рогатого скота / А.З. Равилов, В.С. Угрюмова, А.П. Савельчев и др. // Ветеринария. – 2011. - №3. – С. 17 – 22.
6. Решетникова, Т. И. Морфологические и биохимические показатели крови лабораторных животных при экспериментальном применении нового противовирусного препарата / Т.И. Решетникова. – С-Пб.: Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2018. - № 4. – С. 151 – 155.
7. Решетникова, Т. И. Показатели крови свиней при сравнительном экспериментальном применении препаратов «Триазавирин» и «Тилозин-50» / Т.И. Решетникова. – С-Пб.: Иммунология и ветеринария. – 2021. - № 3 (41). – С. 157 – 167.
8. Токарева, О.А. Острая токсичность комплексного антибиотика на основе ципрофлоксацина и тиамулина / О.А. Токарева, А.Н. Токарев // В сборнике: Актуальные проблемы ветеринарной медицины сборник научных трудов №146. Министерство сельского хозяйства РФ, Департамент Научно-Технологической Политики и Образования, Санкт-Петербургская Государственная Академия Ветеринарной Медицины; А.А. Стекольников (отв.ред.). Санкт-Петербург. – 2015. – С. 38 – 40.
9. Ческидова, Л.В. Острая токсичность нового комплексного антибактериального препарата / Л.В. Ческидова // Актуальные проблемы и инновации в современной ветеринарной фармакологии и токсикологии. Материалы V международного съезда ветеринарных фармакологов и токсикологов. – 2015. – С. 395 – 396.
10. Jean-Francois V. Bovine respiratory syncytial virus infection / V.Jean-Francois, T. Geraldine // Vet. Res. – 2007. – Vol. 38. – P. 153-180.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Aldyakov, A.V. Klinicheskoe izuchenie ehffektivnosti preparata mikoferona pri bronkhopnevmonii teljat [Clinical study of the effectiveness of the drug mixoferon in bronchopneumonia of calves] / A.V. Aldyakov, S.D. Nazarov // Uchenye zapiski Kazanskoy gosudarstvennoy akademii veterinarnoy mediciny im. N.Eh. Bauman [Scientific notes of the Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman]. - 2015. - Vol. 224. - No. 4. - pp. 7-9 [in Russian]
2. Bryukhova, I.V. Ostraja toksichnost' Primalaktata i vlianie ego na biokhimicheskij status korov [Acute toxicity of Primalactate and its effect on the biochemical status of cows] / I.V. Bryukhova, N.I. Shumsky, Yu.N. Masyanov // Mezhdunarodnyy vestnik veterinarii [International Bulletin of Veterinary Medicine]. - 2015. - No. 3. - pp. 62-66 [in Russian]
3. Kotesha, N.Ya. Gormonal'nyy status organizma teljat pri kholodnom metode vyrashhivaniya [Hormonal status of the body of calves with the cold method of cultivation] / N.YA. Kotesha, A.G. Ivanov, E.S. Dementyeva // Sel'skokhozyajstvennye nauki: nauchnye priority uchenykh. Sbornik nauchnykh trudov po itogam mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferencii [Agricultural sciences: scientific priorities of scientists. Collection of scientific papers on the results of the international scientific and practical conference]. - 2016. - pp. 55-60 [in Russian]
4. Odegov, E.S. Ocenka pokazatelej kletchnogo immuniteta pri respiratornoj patologii u teljat [Evaluation of cellular immunity in respiratory pathology in calves] / E.S. Odegov, O.G. Petrova // Vestnik biotekhnologii [Bulletin of Biotechnology]. - 2017. - №4 (14). – p. 4 [in Russian]
5. Ravilov, A.Z. Vlianie Priminkora na klinicheskie, gematologicheskie i biokhimicheskie pokazateli krupnogo rogatogo skota [The influence of Primincor on clinical, hematological and biochemical parameters of cattle] / A.Z. Ravilov, V.S. Ugryumova, A.P. Savelchev, et al. // Veterinariya [Veterinary medicine]. - 2011. - No. 3. - pp. 17-22 [in Russian]

6. Reshetnikova, T. I. Morfologicheskie i biokhimicheskie pokazateli krovi laboratornykh zhivotnykh pri ehksperimental'nom primenении novogo protivovirusnogo preparata [Morphological and biochemical blood parameters of laboratory animals in the experimental use of a new antiviral drug] / T.I. Reshetnikova. - S-PB.: Voprosy normativno-pravovogo regulirovaniya v veterinarii. - 2018. - No. 4. - pp. 151 - 155 [in Russian]
7. Reshetnikova, T. I. Pokazateli krovi svinejj pri sravnitel'nom ehksperimental'nom primenении preparatov «Triazavirin» i «Tilozin-50» [Blood parameters of pigs in the comparative experimental use of drugs "Triazavirin" and "Tylosin-50"] / T.I. Reshetnikova. - Saint Petersburg: Hippology and veterinary medicine. – 2021. - № 3 (41). – p. 157-167 [in Russian]
8. Tokareva, O.A. Ostraja toksichnost' kompleksnogo antibiotika na osnove ciprofloksacina i tiamulina [Acute toxicity of a complex antibiotic based on ciprofloxacin and thiamulin] / O.A. Tokareva, A.N. Tokarev // V sbornike: Aktual'nye problemy veterinarnoj mediciny sbornik nauchnykh trudov №146. Ministerstvo Sel'skogo Khozjajstva RF, Departament Nauchno-Tekhnologicheskoy Politiki i Obrazovaniya, Sankt-Peterburgskaja Gosudarstvennaja Akademija Veterinarnoj Mediciny; A.A. Stekol'nikov [In the collection of studies: Relevant problems of veterinary medicine collection of scientific papers No. 146. Ministry of Agriculture of the Russian Federation, Department of Scientific and Technological Policy and Education, St. Petersburg State Academy of Veterinary Medicine]; A.A. Stekolnikov (editor). St. Petersburg. - 2015. - p. 38 - 40 [in Russian]
9. Cheskidova, L.V. Ostraja toksichnost' novogo kompleksnogo antibakterial'nogo preparata [Acute toxicity of a new complex antibacterial drug] / L.V. Cheskidova // V sbornike: Aktual'nye problemy i innovacii v sovremennoj veterinarnoj farmakologii i toksikologii. Materialy V mezhdunarodnogo s'ezda veterinarnykh farmakologov i toksikologov [In the collection of studies: Current problems and innovations in modern veterinary pharmacology and toxicology. Proceedings of the V International Congress of Veterinary Pharmacologists and Toxicologists]. - 2015. - pp. 395 - 396 [in Russian]
10. Jean-Francois V. Bovine respiratory syncytial virus infection / V.Jean-Francois, T. Geraldine // Vet. Res. – 2007. – Vol. 38. – P. 153-180.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2021.113.11.056>

АНТИГЕННАЯ АКТИВНОСТЬ ВАКЦИНЫ ПРОТИВ ПСЕВДОМОНОЗА СВИНЕЙ

Научная статья

Скориков А.В.^{1,*}, Новикова Е.Н.²¹ ORCID: 0000-0001-6470-0450;² ORCID: 0000-0003-2930-0077;^{1,2} Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии, Краснодар, Россия;² Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия

* Корреспондирующий автор (sav.vetnadzor[at]mail.ru)

Аннотация

В статье представлены результаты исследований антигенной активности вакцины против псевдомоноза свиней разработанной сотрудниками Краснодарского НИВИ и ФГПУ «Армавирская биофабрика». Антигенная активность изучалась в опыте на поголовье свиней различных половозрастных групп, в реакции агглютинации в сыворотке крови иммунизированных животных с определением уровней антител к антигенам синегнойной палочки. Установлено, что вакцина против псевдомоноза свиней обладает высокой антигенной активностью после двукратной иммунизации поросят в возрасте 12-14 дневного возраста с интервалом 10-12 дней способствует образованию напряженного иммунитета с 14 дня сроком до 6 месяцев, выражающегося в уровнях титров агглютининов от 3,2-4,6 до 4,0-5,8 log₂.

Ключевые слова: псевдомоноз животных, свиньи, *Pseudomonas aeruginosa*, штаммы, вакцина, антигены, антигенная активность.

ANTIGENIC ACTIVITY OF THE VACCINE AGAINST PSEUDOMONOSIS IN PIGS

Research article

Skorikov A.V.^{1,*}, Novikova E.N.²¹ ORCID: 0000-0001-6470-0450;² ORCID: 0000-0003-2930-0077;^{1,2} Krasnodar Research Center for Animal Husbandry and Veterinary Medicine, Krasnodar, Russia;² Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

* Corresponding author (sav.vetnadzor[at]mail.ru)

Abstract

The article presents the results of studies of the antigenic activity of the vaccine against pseudomonosis in pigs developed by the staff of the Krasnodar Research Institute and epy federal state-owned enterprise "Armavirskaya biofabrika". The authors study the antigenic activity in an experiment on pigs of various age and sex groups, in the reaction of agglutination in the blood serum of immunized animals with the determination of levels of antibodies to *Pseudomonas aeruginosa* antigens. The experiment finds that the vaccine against pseudomonosis in pigs has a high antigenic activity after double immunization of piglets aged 12-14 days with an interval of 10-12 days promotes the formation of intense immunity from day 14 for up to 6 months expressed in the levels of agglutinin titers from 3.2-4.6 to 4.0-5.8 log₂.

Keywords: pseudomonosis of animals, pigs, *Pseudomonas aeruginosa*, strains, vaccine, antigens, antigenic activity.

Введение

Проблема желудочно-кишечных заболеваний поросят и молодняка свиней инфекционной этиологии продолжает одной из ведущих в свиноводстве. Особенную актуальность она представляет для пород свиней с высоким генетическим потенциалом продуктивности и низкой сопротивляемостью организма к воздействию инфекционных микроорганизмов, в том числе условно-патогенных. Среди данной патологии широкое распространение имеет псевдомоноз, возбудителем которого являются патогенные штаммы *Pseudomonas aeruginosa* (*P. aeruginosa*).

Бактерии рода *Pseudomonas aeruginosa* на свиноводческих предприятиях Российской Федерации имеют широкое распространение из-за высокой устойчивости к факторам внешней среды, и в этиологическом аспекте представляет значительную угрозу для организма свиней вследствие наличия большого количества факторов вирулентности и патогенных свойств [8, С. 248-251].

Значительная часть факторов вирулентности *P. aeruginosa* связана со специфическим строением клеточной стенки бактерии липополисахарид, пили и жгутики, «непилевые» адгезины, и внеклеточными продуктами жизнедеятельности данного микроорганизма (экзотоксин А, гемолизины, эластазы, пиоцианин, пиовердин, секреторные ферменты), а также феномен уровня кворума (Quorum Sensing) [2, С. 7-10], [10, С. 260-264]. Липополисахарид (ЛПС), связанный с клеточной стенкой бактерии состоит из трех различных областей: липида А, олигосахарида (ОС) кора и О антигена с длинной цепью [9, С. 167-168], [3, С. 925-932]. Различия в углеводных компонентах и связях между ними в О антигенах явились основой для классификации штаммов *P. aeruginosa*. Согласно Международной схеме серотипирования антигенов (IATS) они разделены на 20 серотипов [7, С.45].

P. aeruginosa очень резистентна к фармакологическим препаратам. В проведенных опытах только 21,8% изолятов *P. aeruginosa* из 35 оказались чувствительными к широко применяемым лекарственным средствам. Наибольшей бактерицидностью в отношении *P. aeruginosa* обладали: байтрил – 3,5±0,87 мг/мл, ципрофлоксацин – 9,8±2,62 мг/мл, гентамицин – 6,8±1,62 мг/мл, абактан – 16,8±2,62 мг/мл. Все остальные из 28 испытываемых препаратов (82%) проявляли бактерицидные свойства в разведении свыше 30 мг/мл [6, С. 5-31].

P. aeruginosa чаще всего инфицирует молодых животных, у которых снижена естественная резистентность организма; поросят – в подсосный период и после отъема, клинически проявляясь в форме пневмоэнтеритов. У

взрослых свиней псевдомоноз проявляется при эндометритах, маститах, ММА, чаще всего в ассоциации с другими микроорганизмами. Осеменение свиноматок спермой контаминированной *P. aeruginosa*, вызывает аборт, появление мертворожденных плодов, а у производителей стойкое псевдомонотельство, с выделением возбудителя во внешнюю среду со спермой и мочой [4, С. 12], [5, С. 25-28].

Профилактические мероприятия при заболеваниях животных инфекционной этиологии предусматривают комплексное воздействие на звенья эпизоотического процесса, одним из которых является специфическая профилактика инфекционных болезней сельскохозяйственных животных в условиях интенсивного ведения животноводства [1, С.21-22].

Разработкой вакцин против псевдомоноза животных занимались отечественные и зарубежные ученые [6, С. 5-31], изыскание новых средств специфической профилактики данной инфекции и изучение их иммунобиологических свойств продолжает оставаться одним из актуальных направлений ветеринарной науки.

Методы и принципы исследования

Контроль антигенной активности штаммов *P. aeruginosa* при конструировании вакцины, проводился в реакции агглютинации (РА) позволяющей количественно определять антигенную активность штаммов синегнойной палочки в составе биопрепарата, в соответствии с рекомендациями ФГБУ «ВГНКИ», в лаборатории терапии Краснодарского НИВИ. При проведении исследований использовали штаммы *P. aeruginosa* серологических групп О₁, О₃, О₄, О₆, О₁₁, О₁₉ хранение которых осуществляли в полужидком агаре (ПЖА) и лиофилизированном состоянии при температуре 2-4 °С, питательные среды для культивирования псевдомонад, опытно-промышленные партии вакцины, сыворотку крови от свиней различных половозрастных групп, вакцинированных против псевдомоноза, бактериологические и серологические методы исследований. Вакцина против псевдомоноза свиней изготовлена из инактивированных культур бактерий *P. aeruginosa* серологических групп О₁, О₃, О₄, О₆, О₁₁, О₁₉ с концентрацией микробных клеток 6×10^9 КОЕ/см³, добавлением инактиванта-формалина (0,3% по объему) и 6%-ного геля гидрата окиси алюминия в качестве адьюванта (30% по объему).

Для подтверждения формирования и продолжительности иммунитета у свиней вакцину вводили пороссятам опытных групп внутримышечно двукратно в возрасте 14 и 21 дней, в дозах: 1,0 мл, 1,5 мл и 2,0 мл пороссятам контрольных групп вакцина не вводилась. Определение антигенной активности вакцины против псевдомоноза свиней проводили через 7 дней после однократного введения и через 7, 14, 21, 28, 60, 90, 180 и 270 дней после двукратного введения вакцины.

Наблюдение за животным осуществляли в течение 9 месяцев после иммунизации. Иммунитет считали напряженным, если у привитых животных титр антител к серологическим группам О₁, О₃, О₄, О₆, О₁₁, О₁₉ *P. aeruginosa* был не ниже $4,0 \log_2$ (1:16).

Основные результаты

Через 7 дней после первого введения вакцины титр антител в сыворотке крови пороссят-сосунов к содержащимся в вакцине серотипам *P. aeruginosa* составил $2,6-3,2 \log_2$, что соответствует разведению сыворотки 1:4–1:8.

Исследованиями иммунологических показателей сыворотки крови пороссят после повторного введения биопрепарата установлено, что введение вакцины против псевдомоноза свиней в дозе 1 мл вызывает у пороссят развитие выраженного иммунного ответа через 21 день после введения второй дозы вакцины, уровень титров агглютининов в среднем составлял $5,2 \pm 0,23 \log_2$ при введении 1,5 мл и 2,0 мл уровень титров составил $6,0 \pm 0,26-6,3 \pm 0,45 \log_2$ и наибольший уровень агглютининов от $6,4 \pm 0,24$ до $6,8 \pm 0,20 \log_2$ получен от серологических групп О₃, О₄, О₁₁, О₁₉ (таб. 1, рис. 1).

Таблица 1 – Средние титры антител в сыворотке крови поросят, ремонтного молодняка и откорма свиней в РА к серогруппам *Pseudomonas Aeruginosa*, (\log_2)

Сроки взятия	Используемая вакцина	Дозировка вакцины	Серотипы <i>Pseudomonas Aeruginosa</i>						
			O ₁₆	O ₁	O ₃	O ₄	O ₁₁	O ₁₉	Среднее значение
Фоновые исследования до применения вакцины	Вакцина		0,4±0,2	0,4±0,24	0,2±0,4	0,2±0,2	0,2±0,24	0,4±0,24	0,3±0,25
7 дней после первого введения вакцины	Вакцина	1 мл.	2,6±0,2	2,4±0,24	2,4±0,24	2,6±0,24	2,8±0,2	2,6±0,24	2,6±0,20
		1,5 мл.	2,6±0,24	2,4±0,24	2,6±0,24	2,8±0,37	3,0±0,32	2,8±0,37	2,7±0,30
		2 мл.	2,6±0,24	2,6±0,24	2,8±0,2	3,0±0,32	3,2±0,2	2,8±0,37	2,8±0,30
	Контроль		0,2±0,20	0,4±0,24	0,4±0,40	0,2±0,20	0,8±0,20	0,4±0,24	0,4±0,20
7 дней после второго введения вакцины	Вакцина	1 мл.	2,6±0,24	2,4±0,24	2,6±0,24	2,6±0,24	3,2±0,24	2,6±0,37	2,7±0,30 ***
		1,5 мл.	2,8±0,20	2,6±0,24	2,6±0,24	3,2±0,37	3,4±0,40	8,0±0,20	3,8±0,30***
		2 мл.	2,8±0,20	3,0±0,32	2,8±0,98	3,4±0,55	4,0±0,32	8,0±0,24	4,0±0,40 ***
	Контроль		0,4±0,20	0,4±0,40	0,4±0,40	0,2±0,20	0,2±0,20	0,4±0,24	0,4±0,30
14 дней после второго введения вакцины	Вакцина	1 мл.	4,0±0,45	3,8±0,37	3,2±0,49	3,2±0,37	4,2±0,37	4,4±0,24	3,8±0,38 ***
		1,5 мл.	4,2±0,37	4,2±0,37	3,8±0,37	3,4±0,24	4,4±0,40	4,6±0,24	4,1±0,33 ***
		2 мл.	3,4±0,68	4,6±0,21	4,4±0,4	4,2±0,2	4,6±0,24	4,6±0,24	4,3±0,30 ***
	Контроль		0,8±0,37	0,2±0,2	1,4±0,93	0,2±0,20	0,2±0,20	0,2±0,20	0,5±0,40
21 дней после второго введения вакцины	Вакцина	1 мл.	5,0±0,26	5,2±0,20	4,8±0,20	5,0±0,32	5,4±0,24	5,8±0,20	5,2±0,23 ***
		1,5 мл.	5,2±0,31	5,4±0,24	6,2±0,20	6,0±0,45	6,4±0,24	6,6±0,24	6,0±0,26***
		2 мл.	5,4±0,31	5,6±0,40	6,4±0,24	6,6±0,24	6,8±0,20	6,8±0,20	6,3±0,45 ***
	Контроль		1,2±0,97	0,4±0,24	0,4±0,24	0,4±0,24	0,4±0,20	1,6±1,36	0,70±0,35
28 дней после второго введения вакцины	Вакцина	1 мл.	5,8±0,20	5,6±0,24	5,8±0,20	6,2±0,20	6,4±0,24	6,6±0,24	6,1±0,22
		1,5 мл.	6,8±0,20	6,6±0,24	6,4±0,24	6,8±0,20	7,0±0,32	7,2±0,20	6,8±0,21
		2 мл.	6,8±0,20	6,8±0,20	6,6±0,24	7,0±0,32	7,2±0,20	7,4±0,55	7,0±0,29
	Контроль		1,0±0,99	0,2±0,20	1,6±1,12	0,4±0,24	0,2±0,20	0,2±0,20	0,6±0,49

Окончание таблицы 1 – Средние титры антител в сыворотке крови поросят, ремонтного молодняка и откорма свиней в РА к серогруппам *Pseudomonas Aeruginosa*, (\log_2)

Сроки взятия	Используемая вакцина	Дозировка вакцины	Серотипы <i>Pseudomonas Aeruginosa</i>						
			O ₁₆	O ₁	O ₃	O ₄	O ₁₁	O ₁₉	Среднее значение
60 дней после второго введения вакцины	Вакцина	1 мл.	5,6±0,24	5,4±0,24	5,6±0,24	5,4±0,24	5,8±0,20	5,8±0,20	5,6±0,23
		1,5 мл.	6,0±0,32	6,0±0,45	6,0±0,32	5,8±0,20	6,4±0,24	6,0±0,32	6,0±0,32
		2 мл.	6,2±0,20	6,2±0,37	6,2±0,20	6,0±0,37	6,8±0,20	6,2±0,20	6,3±0,26
	Контроль		0,2±0,20	0,2±0,20	0,4±0,24	0,8±0,37	0,2±0,20	0,2±0,20	0,30±0,24
90 дней после второго введения вакцины	Вакцина	1 мл.	5,4±0,24	5,4±0,24	4,8±0,20	4,8±0,20	5,4±0,24	5,2±0,20	5,2±0,22
		1,5 мл.	5,8±0,20	5,6±0,24	5,4±0,24	5,8±0,20	5,8±0,20	6,0±0,32	5,8±0,21
		2 мл.	5,8±0,20	6,2±0,20	5,6±0,24	5,8±0,20	5,8±0,20	6,2±0,20	5,9±0,23
	Контроль		0,2±0,20	0,4±0,40	0,8±0,24	0,4±0,24	0,4±0,24	0,4±0,24	0,4±0,26
180 дней после второго введения вакцины	Вакцина	1 мл.	4,8±0,20	4,6±0,24	4,0±0,45	4,2±0,20	4,4±0,24	5,0±0,32	4,5±0,28***
		1,5 мл.	5,2±0,20	5,4±0,24	4,8±0,37	4,6±0,24	4,6±0,24	5,2±0,37	5,0±0,28 ***
		2 мл.	5,8±0,30	5,6±0,24	5,4±0,24	4,8±0,20	5,0±0,32	5,4±0,24	5,3±0,23 ***
	Контроль		1,4±1,1	0,2±0,20	0,2±0,24	0,2±0,20	0,2±0,20	0,2±0,20	0,3±0,38
270 дней после второго введения вакцины	Вакцина	1 мл.	3,0±0,45	2,4±0,24	1,8±0,37	1,4±0,24	1,8±0,20	1,8±0,20	2,0±0,28
		1,5 мл.	3,4±0,51	2,6±0,24	2,2±0,37	1,6±0,24	2,2±0,37	2,6±0,24	2,4±0,32
		2мл.	3,8±0,20	2,6±0,51	2,6±0,40	1,8±0,20	2,6±0,24	2,8±0,20	2,7±0,28
	Контроль		0,6±0,40	0,4±0,40	0,4±0,24	0,2±0,20	0,4±0,24	0,4±0,40	0,4±0,31

Примечание: *** $p \geq 0,001$ к контролю

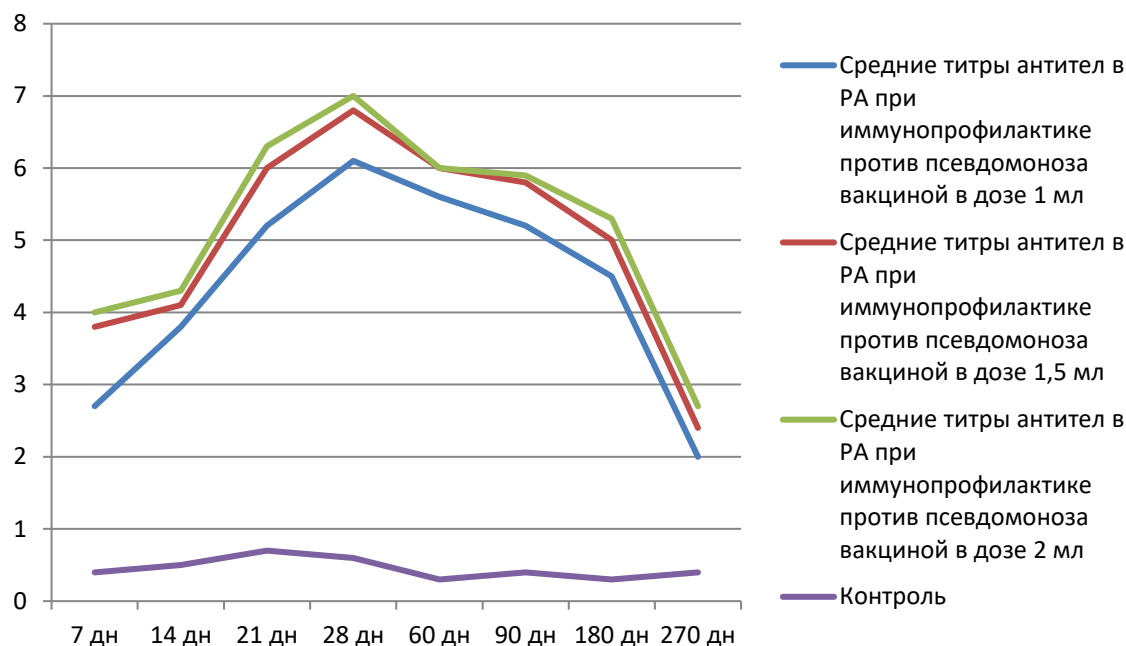


Рис. 1 – Средние титры в РА специфических антител в \log_2 в сыворотках крови поросят

При введении поросятам вакцины в дозе 1,5 мл иммунный ответ к синегнойной палочке представленных серовариантов формировался к 14 дню после второго введения вакцины на уровне $4,1 \pm 0,33 \log_2$ и сохранялся напряженным до 6 месяцев $5,0 \pm 0,23$.

Изучение уровня поствакцинальных специфических антител к серотипам *P. aeruginosa* входящим в состав вакцины показало, что титры агглютининов к 14 дню после двукратной иммунизации к серовариантам O_{19} , O_1 , O_3 , O_4 , O_{11} , O_6 достигали защитного уровня и находились в пределах $4,2-4,6 \log_2$, титры антител к серотипу O_6 достигали необходимого порога к 21 дню и составляли в среднем $5,4 \log_2$, титр антител к серотипу O_{19} на 7 дней после двукратной иммунизации был максимальным из числа изучаемых серотипов и составил $8,0 \log_2$ при разведении 1:256.

Заключение

Таким образом, выраженными агглютинин образовательными свойствами обладают все штаммы *P. aeruginosa*: O_{19} , O_1 , O_3 , O_4 , O_{11} , O_6 , включенные в вакцину. Введение вакцины поросятам с 12 дневного возраста двукратно с интервалом 10-15 дней в оптимальной дозе 1,5 мл внутримышечно, формирует иммунный ответ к синегнойной палочке к 14 дню на уровне $4,1 \pm 0,33 \log_2$ и сохраняется напряженным до 6 месяцев при титре агглютининов $5,0 \pm 0,23 \log_2$. Введение вакцины в дозе 1,0 мл обеспечивает уровень агглютининов на $0,5 \log_2$ ниже в сравнении с дозой 1,5 мл, введение вакцины в количестве 2,0 мл титры агглютининов незначительно выше на $0,3 \log_2$.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

- Алтухов Н. Пути профилактики желудочно-кишечных болезней поросят в период их отъема / Н. Алтухов, Ю. Бригадиров, А. Шамардина // Свиноводство. – 2005. – №6. – С. 21–22.
- Бондаренко В. М. Ранние этапы развития инфекционного процесса и двойственная роль нормальной микрофлоры / В. М. Бондаренко, В. Г. Петровская // Вестник РАМН. – 1997. – № 3. – С. 7-10.
- Кочинкова Д. Структурное разнообразие коровой олигосахаридной области липополисахарида *Pseudomonas aeruginosa* обзор / Д. Кочинкова, Д.С. Лэм // Биохимия. 2011. – . 76. – № 7. – С. 925-932.
- Лопатина Н.Н. Псевдомоназ сельскохозяйственных животных / Н.Н. Лопатина // Ветеринария Кузбаса. – 2009. – № 45 (220). – С.12.
- Махмутов А.Ф. Мониторинг инфекционных желудочно-кишечных заболеваний новорожденных поросят в регионах Северного Поволжья и Предуралья / А.Ф. Махмутов, Г. Н. Спиридонов, Р.Н. Аглямков // Ветеринарный врач. – 2011. – №5. – С.25-28.
- Методические рекомендации по диагностике, профилактике и лечению псевдомоназ сельскохозяйственных животных / И.А. Болоцкий, А.К. Васильев и др. // М., 2003 г. – С. 5 – 31.
- Мороз А.Ф. Синегнойная инфекция // М.: Медицина, 1988. – С.45.
- Новгородова А. Ю. Экологические аспекты бактерий рода *Pseudomonas* на территории Украины / А. Ю. Новгородова // Сельскохозяйственные науки и агропромышленный комплекс на рубеже веков. – 2014. – № 5. – С. 248-251.
- Серегина Н. В. Ингибирование протеолитических и сахаролитических ферментов *Pseudomonas aeruginosa* под действием экстракта шунгита / Н. В. Серегина, Т. В. Честнова // Вестник новых медицинских технологий. 2008. – Т. 15. – № 4. – С. 167-168.

10. Bitsori M. Pseudomonas aeruginosa urinary tract infection in children: risk factors and outcomes / M. Bitsori, S. Maraki, S. Koukouraki, E. Galanakis // J. Urol. – 2012. – V. 187(1). – P. 260-264.

Список литературы на английском языке / References in English*

1. Altukhov N. Puti profilaktiki zheludочно-kishechnykh boleznei porosiat v period ikh oteema [Ways to prevent gastrointestinal diseases of piglets during their weaning] / N. Altukhov, I.U. Brigadirov, A. S. Hamardina // Svinovodstvo. – 2005. – 6. – P. 21-22 [in Russian]

2. Bondarenko V. M. Rannie jetapy razvitiya infekcionnogo processa i dvoystvennaja rol' normal'noj mikroflory [Early stages of the development of the infectious process and the dual role of normal microflora] / V. M. Bondarenko, V. G. Petrovskaja // Vestn. RAMN. – 1997. – № 3. – P. 7-10. [in Russian]

3. Kochinkova D. Strukturnoe raznoobrazie korovoi oligosakharidnoi oblasti lipopolisakharida pseudomonas aeruginosa obzor [Structural diversity of the cow oligosaccharide region of Pseudomonas aeruginosa lipopolysaccharide review] / D. Kochinkova, D. S. Lem // Biokhimiia. – 2. – 011 – 76 – 7 – P. 925-932 [in Russian]

4. Lopatina N. N. Pseudomonoz selskokhoziaistvennykh zhivotnykh [Pseudomonosis of farm animals] / N. N. Lopatina // Veterinariia Kuzbasa. – 2009. – 45 (220). – P. 12 [in Russian]

5. Makhmutov A. F. Monitoring infektsionnykh zheludочно-kishechnykh zabolevanii novorozhdennykh porosiat v regionakh Severnogo Povolzhia i Preduralia [Monitoring of infectious gastrointestinal diseases of newborn piglets in the regions of the Northern Volga region and the Urals] / A. F. Makhmutov, G. N. Spiridonov, R. N. Agliamov // Veterinarnyi vrach. – 2011. – 5. – P. 25-28. [in Russian]

6. Metodicheskie rekomendatsii po diagnostike profilaktike i lecheniiu psevdomonoz selskokhoziaistvennykh zhivotnykh [Methodological recommendations for the diagnosis, prevention and treatment of pseudomonosis of farm animals] / I. A. Bolotskii, A. K. Vasilev et al. // M., 2003. – 5 31 p. [in Russian]

7. Moroz A. F. Sinegnoiaia infektsiia [Pseudomonas aeruginosa infection] -M Meditsina, 1988. – P. 45 [in Russian]

8. Novgorodova A. Ju. Jekologicheskie aspekty bakterij roda Pseudomonas na territorii Ukrainy [Ecological aspects of bacteria of the genus Pseudomonas on the territory of Ukraine] / A. Ju. Novgorodova //Sel'skohozjajstvennye nauki i agropromyshlennyj kompleks na rubezhe vekov. – 2014. – № 5. – P. 248-251. [in Russian]

9. Seregina N. V. Ingibirovanie proteoliticheskikh i sakharoliticheskikh fermentov Pseudomonas aeruginosa pod deistviem ekstrakta shungita [Ingibirovanie proteoliticheskikh i sakharoliticheskikh fermentov Pseudomonas aeruginosa pod deistviem ekstrakta shungita] Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii [Bulletin of new medical Technologies]. – 2008. – 15 – 4 – P. 167-168.

10. Bitsori M. Pseudomonas aeruginosa urinary tract infection in children: risk factors and outcomes / M. Bitsori, S. Maraki, S. Koukouraki et al. // J. Urol. – 2012. – V. 187(1). – P. 260-264.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2021.113.11.057>**ИЗУЧЕНИЕ ГЕНДЕРНЫХ РАЗЛИЧИЙ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НИЖНИХ ЧЕЛЮСТЕЙ (ПО ДАННЫМ КОНУСНО-ЛУЧЕВОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ)**

Научная статья

Байбаков С.Е.¹, Бахарева Н.С.², Дорогань В.В.^{3,*}, Дорогань В.В.⁴^{1, 2, 4} Кубанский государственный медицинский университет Министерства здравоохранения Российской Федерации, Краснодар, Россия;³ Краевая клиническая стоматологическая поликлиника Министерства здравоохранения Краснодарского края, Краснодар, Россия

* Корреспондирующий автор (dorogan.vladislav25[at]gmail.com)

Аннотация

В статье были изучены гендерные различия морфометрических параметров нижних челюстей людей возрастом от 31 до 57 лет, проживающих на территории Краснодарского края, путём анализа данных, полученных на конусно-лучевом компьютерном томографе. Установлены гендерные различия вертикальных размеров: общего от нижнего края до верхней точки альвеолярной дуги; рентгенологического среза над челюстно-подъязычной линией; рентгенологического среза от канала нижней челюсти до верхней точки альвеолярной дуги; рентгенологического среза от канала нижней челюсти до её нижнего края; в строении канала нижней челюсти и его выходного отверстия. Полученные данные морфометрических характеристик нижней челюсти у людей данного возрастного периода и могут быть использованы для определения границ нормы при проведении диагностических исследований в отделениях компьютерной томографии при ортопедическом лечении дефектов зубных рядов с использованием имплантатов.

Ключевые слова: нижняя челюсть, канал нижней челюсти, челюстно-подъязычная линия, компьютерная томография.

A STUDY OF GENDER DIFFERENCES IN MORPHOMETRIC PARAMETERS OF THE LOWER JAW (ACCORDING TO CONE-BEAM COMPUTED TOMOGRAPHY)

Research article

Baybakov S.E.¹, Bakhareva N.S.², Dorogan V.V.^{3,*}, Dorogan V.V.⁴^{1, 2, 4} Kuban State Medical University, Krasnodar, Russia;³ Regional Clinical Dental Polyclinic of the Ministry of Health of Krasnodar Krai, Krasnodar, Russia

* Corresponding author (dorogan.vladislav25[at]gmail.com)

Abstract

The article studies gender differences in the morphometric parameters of the lower jaws of people aged 31 to 57 years living in Krasnodar Krai by analyzing data obtained via cone-beam computed tomography. Gender differences in vertical dimensions have been established: general from the lower edge to the upper point of the alveolar arch; X-ray section above the maxillofacial line; X-ray section from the mandibular canal to the upper point of the alveolar arch; X-ray section from the mandibular canal to its lower edge; in the structure of the mandibular canal and its outlet. The obtained data on the morphometric characteristics of the mandible in people of this age period and can be used to determine the boundaries of the norm when conducting diagnostic studies in computed tomography departments in the orthopedic treatment of dentition defects using implants.

Keywords: mandible, mandibular canal, maxillofacial line, computed tomography.

Введение

Ранее исследования строения нижних челюстей проводились с помощью изучения макропрепаратов данного анатомического образования и их распилов, без учета гендерных различий [8], [10]. Ключевое значение имеет вариативность расположения нижнечелюстного канала. При планировании операции дентальной имплантации данный показатель является ключевым. С учётом локализации делаются соответствующие поправки при планировании операции дентальной имплантации, так как введённый имплантат, разрушив стенку нижнечелюстного канала, вызывает появление различного рода осложнений проводимого лечения [1], [2]. Для достижения успеха лечения необходимо физиологичное положение имплантата в кости [9]. При недостаточном объёме костной ткани прибегают к операции аугментации [6], [7]. Для её осуществления может потребоваться забор аутогенного костного материала из внутриротовых донорских зон, в непосредственной близости с каналом нижней челюсти [4]. Кроме того, избыточное эндодонтическое пломбирование в практике врача стоматолога-терапевта, может привести к болевым ощущениям в области нижней челюсти [3]. Все это приводит к необходимости анализа морфометрических параметров нижней челюсти и играет важную роль в осуществлении лечебно-профилактических мероприятий врачами стоматологами-хирургами, челюстно-лицевыми хирургами, пластическими хирургами, онкологами [5].

Цель

Изучение морфометрических параметров нижних челюстей и их гендерных различий у лиц, проживающих на территории Краснодарского края с использованием данных компьютерной томографии.

Материалы и методы исследования

Изучены данные компьютерной томографии 50 человек (25 мужчин и 25 женщин от 31 до 57 лет), проживающих на территории Краснодарского края. Использован компьютерный томограф фирмы Vatech. Изучены следующие параметры: на промежутке от 2 премоляра до 1 моляра нижней челюсти в межзубных перегородках определяли общий вертикальный размер рентгенологического среза от его нижнего края до верхней точки и вертикальный размер рентгенологического среза над челюстно-подъязычной линией до его верхней точки. На промежутке от 2 премоляра, до 3 моляра, в межзубных перегородках, определяли вертикальный размер рентгенологического среза от канала нижней челюсти, до его верхней точки и от канала нижней челюсти, до его нижней точки [10]. В этой же области выявлялось минимальное расстояние между апексами зубов и каналом нижней челюсти [8]. Количественные показатели оценивались на предмет соответствия нормальному распределению с помощью критерия Шапиро-Уилка. Накопление, корректировка, систематизация исходной информации осуществлялись в Microsoft Office Excel 2016. Статистический анализ проводился с использованием программы Statistica 10.0 (StatSoft Inc., США). Данные, указанные в статье, даны в форме $M \pm m$ в мм.

Результаты и обсуждение

Выявлено, что у лиц мужского пола общий вертикальный размер рентгенологического среза костной ткани нижней челюсти от нижнего края нижней челюсти, до верхней точки альвеолярной дуги (см. рис. 1) был значительно больше: в области первого премоляра слева ($32,2 \pm 0,4$ против $28,6 \pm 0,4$) и справа ($31,6 \pm 0,4$ против $28,2 \pm 0,4$); второго премоляра слева ($31,3 \pm 0,5$ против $27,6 \pm 0,4$) и справа ($30,5 \pm 0,4$ против $27,6 \pm 0,4$); первого моляра слева ($30 \pm 0,4$ против $25,4 \pm 0,5$) и справа ($29,4 \pm 0,4$ против $25,4 \pm 0,5$).

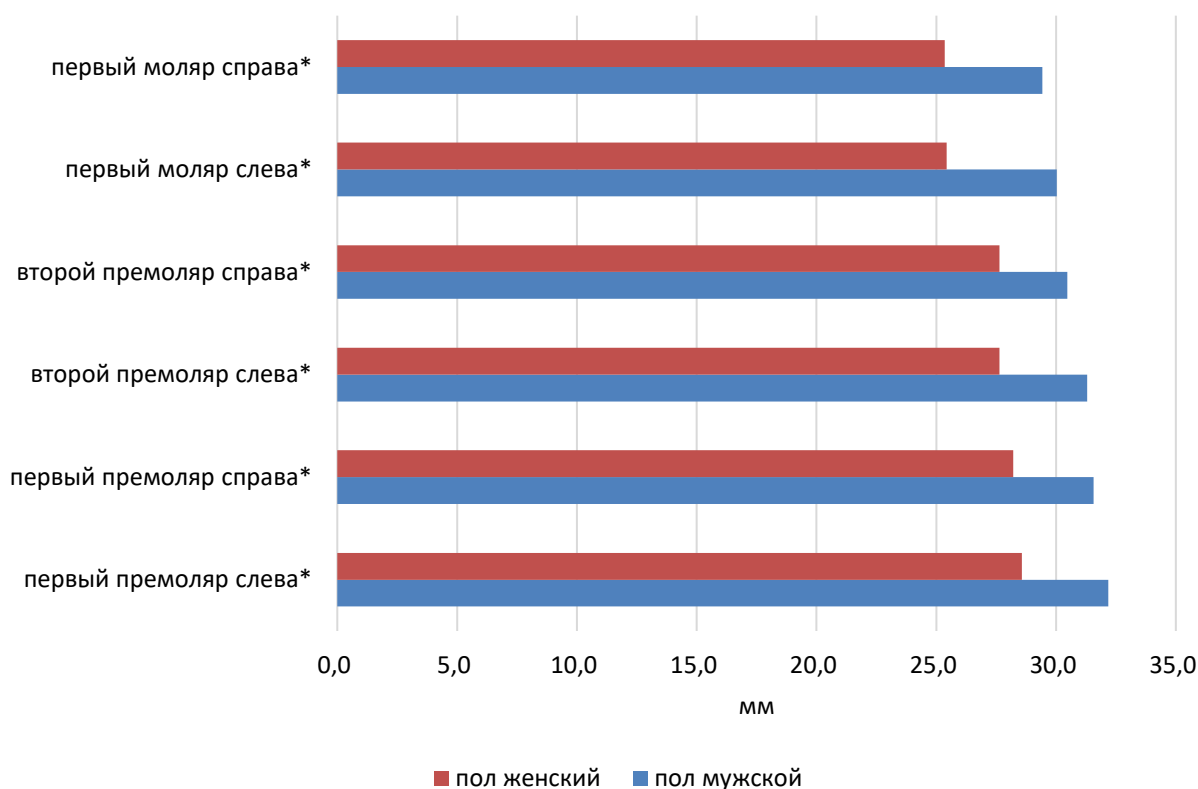


Рис. 1 – Общий вертикальный размер рентгенологического среза костной ткани нижней челюсти от её нижнего края, до верхней точки альвеолярной дуги

Примечание: * – наличие достоверных различий

Далее выявлены у мужчин (см. рис. 2) большие по сравнению с женщинами: вертикальный размер рентгенологического среза над челюстно-подъязычной линией (linea mylohyoidea) до верхней точки альвеолярной дуги в области первого премоляра слева ($16,7 \pm 0,5$ против $13,7 \pm 0,4$) и справа ($16,3 \pm 0,4$ против $13,8 \pm 0,4$); второго премоляра слева ($15,5 \pm 0,5$ против $11,9 \pm 0,6$) и справа ($15,4 \pm 0,5$ против $12,2 \pm 0,6$); первого моляра слева ($15,4 \pm 0,4$ против $11,2 \pm 0,4$) и справа ($15,1 \pm 0,5$ против $11,7 \pm 0,4$).

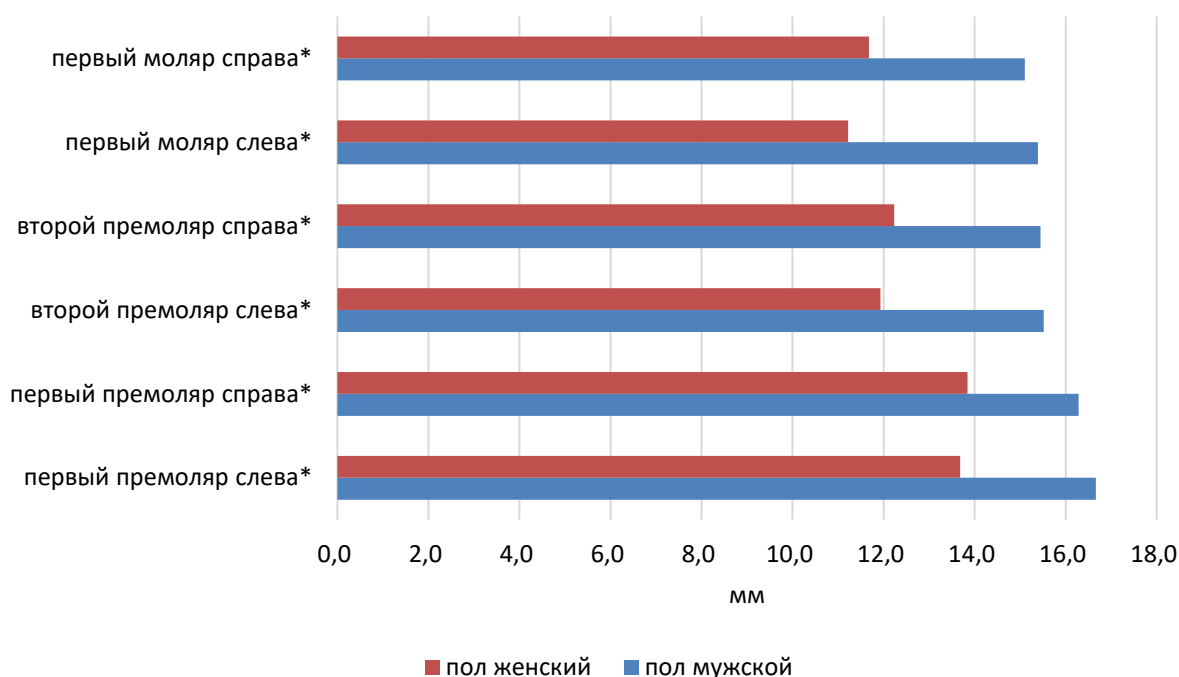


Рис. 2 – Вертикальный размер рентгенологического среза над челюстно-подъязычной линией нижней челюсти до верхней точки альвеолярной дуги

Примечание: * – наличие достоверных различий

При анализе гендерные различия демонстрируют (см. рис. 3) вертикальные размеры от канала нижней челюсти до верхней точки альвеолярной дуги в области второго премоляра слева ($18,5 \pm 0,4$ против $16,6 \pm 0,4$) и справа ($17,4 \pm 0,6$ против $16 \pm 0,7$); первого моляра слева ($17,5 \pm 0,4$ против $16,5 \pm 0,4$) и справа ($17,5 \pm 0,5$ против $15,7 \pm 0,5$); второго моляра слева ($16,3 \pm 0,4$, против $14,0 \pm 0,5$) и справа ($15,8 \pm 0,5$ против $14,1 \pm 0,4$); третьего моляра слева ($14,2 \pm 0,5$ против $13,6 \pm 0,6$) и справа ($14,3 \pm 0,6$ против $12,4 \pm 0,6$).

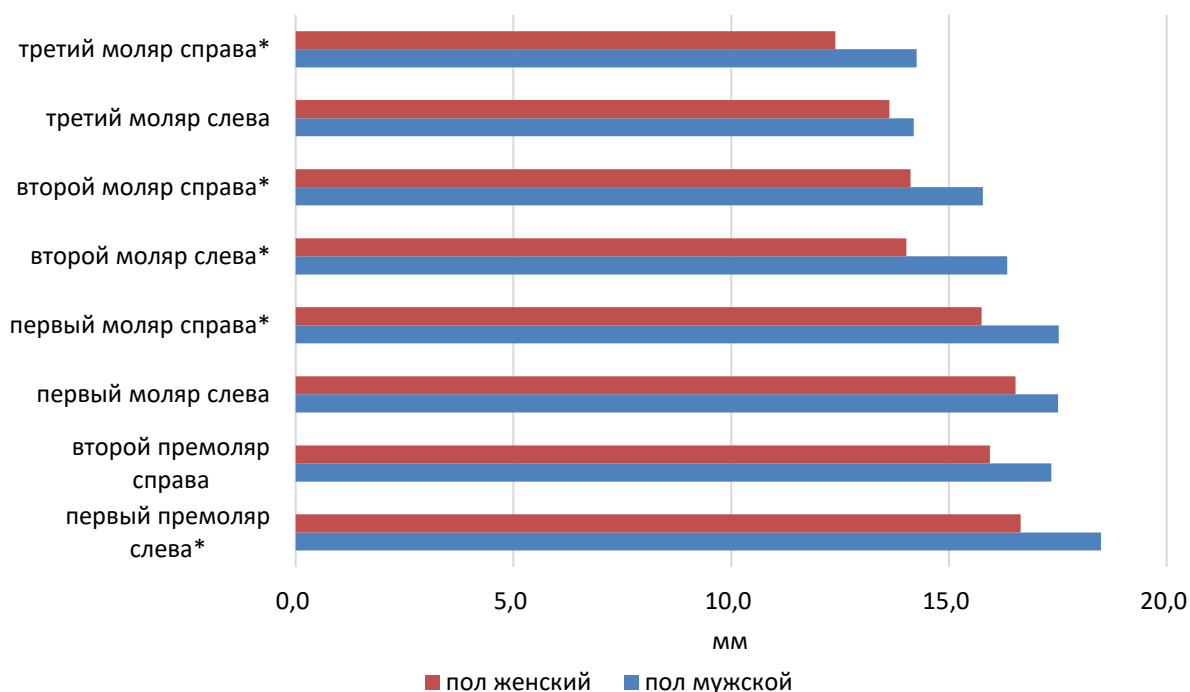


Рис. 3 – Вертикальный размер от канала нижней челюсти, до верхней точки альвеолярной дуги

Примечание: * – наличие достоверных различий

Установлено, что у мужчин значительно больше (см. рис. 4) вертикальный размер от канала нижней челюсти до нижнего края рентгенологического среза в области второго премоляра слева ($8,2 \pm 0,4$ против $7,6 \pm 0,3$) и справа ($8,5 \pm 0,4$ против $7,4 \pm 0,3$); первого моляра слева ($7,2 \pm 0,4$ против $6,2 \pm 0,3$) и справа ($7,2 \pm 0,3$ против $6,4 \pm 0,4$); второго моляра слева ($7,3 \pm 0,4$ против $6 \pm 0,3$) и справа ($7,4 \pm 0,4$ против $6,0 \pm 0,3$); третьего моляра слева ($8,6 \pm 0,5$ против $7,0 \pm 0,4$) и справа ($8,3 \pm 0,4$ против $8,1 \pm 0,5$).

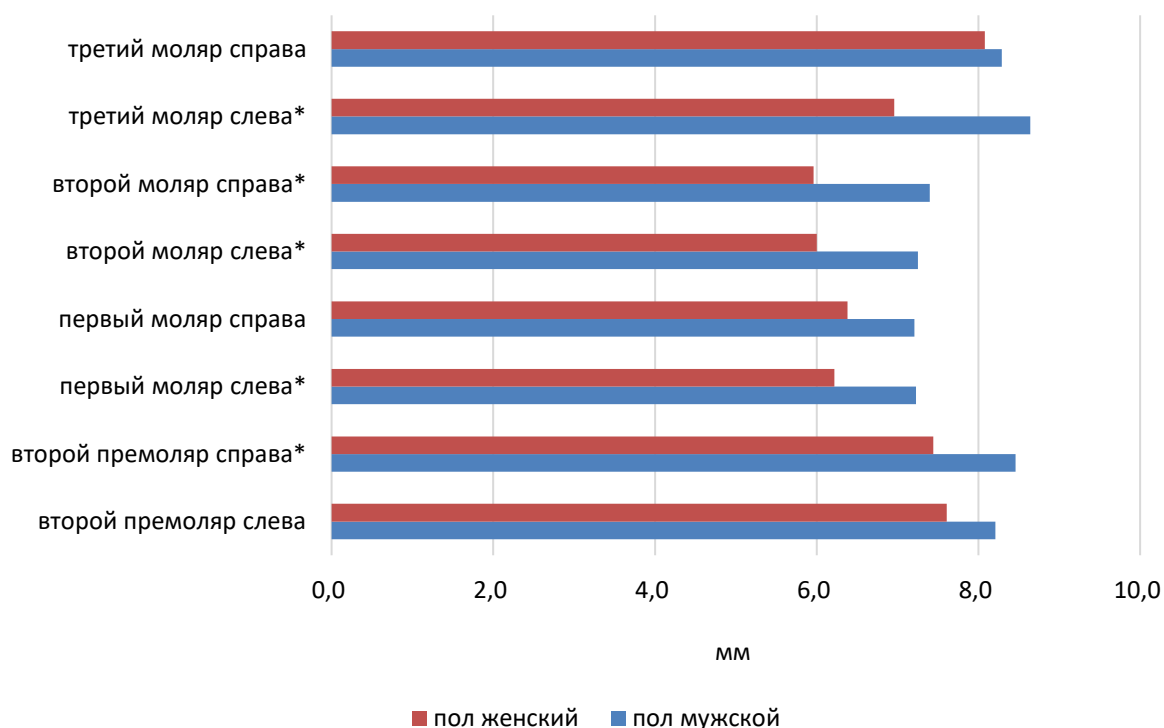


Рис. 4 – Вертикальный размер от канала нижней челюсти до нижнего края рентгенологического среза
Примечание: * – наличие достоверных различий

Минимальное расстояние между апексом зуба и каналом нижней челюсти (см. рис. 5) у второго премоляра слева ($5,2 \pm 0,5$ против $4,3 \pm 0,3$) и справа ($5,0 \pm 0,6$ против $3,6 \pm 0,4$); первого моляра слева ($6,0 \pm 0,5$ против $5,3 \pm 0,4$) и справа ($5,7 \pm 0,5$ против $4,7 \pm 0,4$); второго моляра слева ($4,3 \pm 0,5$ против $3,3 \pm 0,4$) и справа ($4,1 \pm 0,5$ против $3,7 \pm 0,3$); третьего моляра слева ($2,8 \pm 0,5$ против $2,5 \pm 0,5$) и справа ($3 \pm 0,5$ против $3,3 \pm 0,5$).

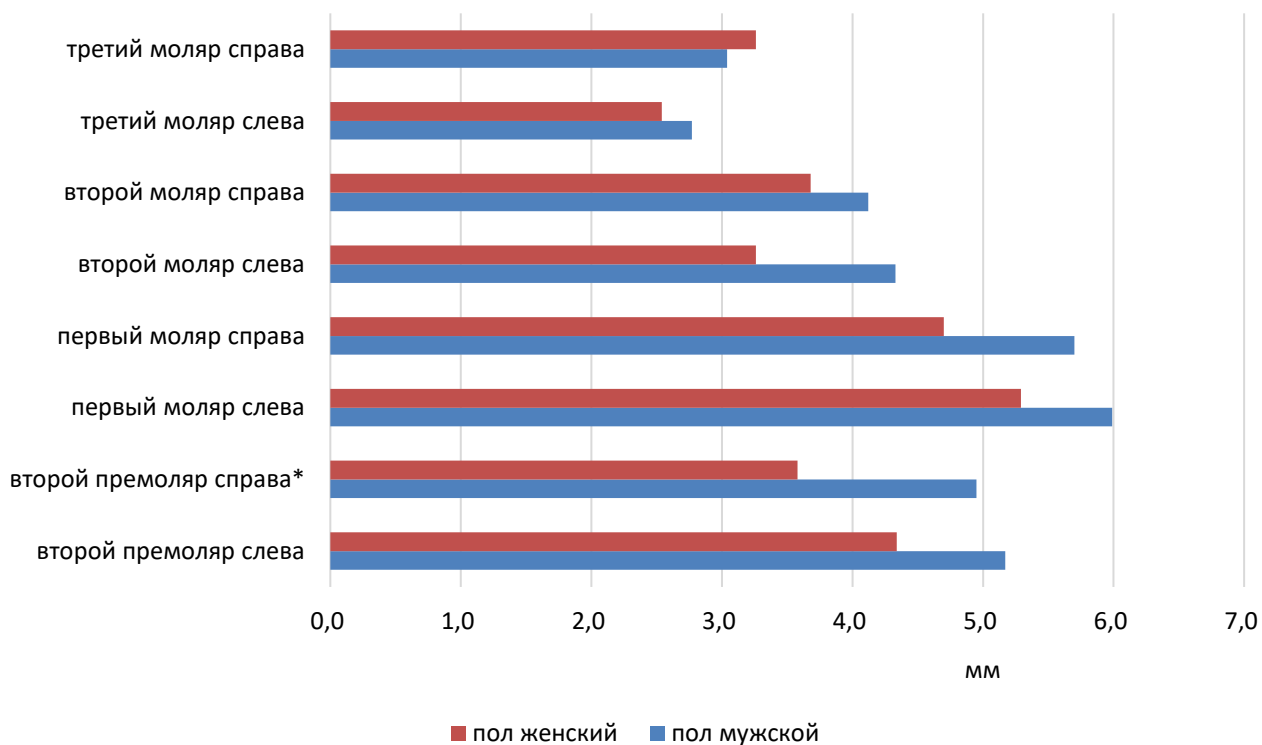


Рис. 5 – Минимальное расстояние между апексом зуба и каналом нижней челюсти
Примечание: * – наличие достоверных различий

В результате проведенного исследования обнаружены существенные гендерные различия и вариантность в расположении выходного отдела нижнечелюстного канала (ментального отверстия): более чем в половине случаев, как у мужчин, так и у женщин, ментальное отверстие расположено медиальнее второго премоляра ($64 \pm 1\%$ против $60 \pm 1\%$); на уровне верхушки корня второго премоляра почти в 2 раза чаще определяется у женщин ($14 \pm 1\%$ против $26 \pm 1\%$).

$\pm 1\%$); дистальнее второго премоляра в 1,5 раза чаще встречается у мужчин ($20 \pm 1\%$ против $14 \pm 1\%$); в единичных случаях отверстие располагается у верхушки корня первого премоляра, причём только у мужчин.

Заключение

Таким образом, проведённое исследование позволило установить гендерные различия в вертикальных размерах: общего рентгенологического среза от нижнего края до верхней точки альвеолярной дуги и рентгенологического среза над челюстно-подъязычной линией; рентгенологического среза от канала нижней челюсти до верхней точки альвеолярной дуги; рентгенологического среза от канала нижней челюсти до её нижнего края; при отсутствии таковых в размерах горизонтальных срезов. Установлены гендерные различия и вариантность в расположении выходного отдела нижнечелюстного канала (ментального отверстия).

Полученные в ходе проведенного исследования данные о морфометрических характеристиках нижней челюсти у людей возрастного периода от 31 до 57 лет, могут быть использованы для определения показателей нормы и при проведении диагностических исследований в отделениях компьютерной томографии при ортопедическом лечении дефектов зубных рядов с использованием имплантатов.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Грачева О.В. Диагностика нарушения функции нижнего альвеолярного нерва после дентальной имплантации / О.В. Грачева, А.М. Панин, О.Н. Московец // Медицинский вестник МВД. - 2011. - № 3 (52). - С. 15-18.
2. Дубинин А.Л. Влияние нижнечелюстного канала на состояние нижней челюсти человека при установке имплантата / А.Л. Дубинин, А.А. Селянинов // Вестник пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная математика и механика. - 2012. - № 10. - С. 63-76.
3. Елизаров А.В. Механизм повреждения нижнего альвеолярного нерва при попадании пломбировочного материала внутрь нижнечелюстного канала / А.В. Елизаров, С.В. Сирак, И.А. Копылова и др. // Фундаментальные исследования. - 2013. - № 9-3. - С. 519-522.
4. Жданов Е.В. Профилактика травмы сосудисто-нервного пучка нижнечелюстного канала при взятии трансплантата из ретромолярной области и восходящей ветви нижней челюсти / Е.В. Жданов, А. В. Савич, Д.А. Шилов // Пародонтология. 2006. - № 3 (40). - С. 59-64.
5. Кабанова С.А. Резекция нижней челюсти с одномоментной пластикой реберным аутоотрансплантантом с двойной васкуляризацией / С.А. Кабанова, Т.Н. Чернина, А.А. Кабанова // Новости хирургии. 2012. Т. 20. № 1. С. 127-129.
6. Музыкин М.И. Методы костной пластики в амбулаторных стоматологических учреждениях / М.И. Музыкин, А.К. Иорданишвили, Д.В. Поплавский // Институт стоматологии. - 2015. - № 4 (69). - С. 32-35.
7. Параскевич, В.Л. Дентальная имплантология: Основы теории и практики. / В.Л. Параскевич. 2-е изд. – М.: ООО «Медицинское информационное агентство», 2006. – С. 229-23.
8. Цай Г.Е. Строение нижнечелюстного канала / Г.Е. Цай, П.А. Лаврентьев, С.И. Волков и др. // Морфология. - 2014. - Т. 145. № 3. - С. 209.
9. Цымбалов, О.В. Дентальная имплантация при заболеваниях пародонта (монография) / О.В.Цымбалов // Международный журнал экспериментального образования. - 2015. - № 2-2. - С. 200.
10. Чибисова М.А. Особенности топографии нижнечелюстного канала по данным дентальной компьютерной томографии / М.А. Чибисова, И.А. Госьков, Р.А. Фадеев и др. // Институт стоматологии. - 2008. - № 4 (41). - С. 102-104.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Gracheva O.V. Diagnostika narushenija funkicii nizhnego al'veoljarnogo nerva posle dental'noj implantacii [Diagnosis of dysfunction of the lower alveolar nerve after dental implantation] / O.V. Gracheva, A.M. Panin, O.N. Moskovets // Medicinskij vestnik MVD [Medical Bulletin of the Ministry of Internal Affairs]. - 2011. - № 3 (52). - P. 15-18. [in Russian]
2. Dubinin A.L. Vlijanie nizhnecheljustnogo kanala na sostojanie nizhnej cheljusti cheloveka pri ustanovke implantata [The influence of the mandibular canal on the condition of the human mandible during implant placement] / A.L. Dubinin, A.A. Selyaninov // Vestnik permskogo nacional'nogo issledovatel'skogo politehnicheskogo universiteta. Prikladnaja matematika i mehanika [Bulletin of the Perm National Research Polytechnic University. Applied mathematics and Mechanics]. - 2012. - No. 10. - pp. 63-76. [in Russian]
3. Elizarov A.V. Mehanizm povrezhdenija nizhnego al'veoljarnogo nerva pri popadanii plombirovochnogo materiala vnutr' nizhnecheljustnogo kanala [The mechanism of damage to the inferior alveolar nerve when filling material enters the mandibular canal] / A.V. Elizarov, S.V. Sirak, I.A. Kopylova et al. // Fundamental'nye issledovanija [Fundamental research]. - 2013. - No. 9-3. - pp. 519-522. [in Russian]
4. Zhdanov E.V. Profilaktika travmy sosudisto-nervnogo puchka nizhnecheljustnogo kanala pri vzjatii transplantata iz retromoljarnoj oblasti i voshodjashhej vetvi nizhnej cheljusti [Prevention of injury of the neurovascular bundle of the mandibular canal when taking a graft from the retromolar region and the ascending branch of the mandible] / E.V. Zhdanov, A. V. Savich, D.A. Shilov // Parodontologija [Periodontology]. 2006. - № 3 (40). - Pp. 59-64. [in Russian]
5. Kabanova S.A. Rezekcija nizhnej cheljusti s odnomomentnoj plastikoj rebernym autotransplantantom s dvojnoj vaskularizaciej [Resection of the mandible with simultaneous plastic surgery with a rib autograft with double vascularization] / S.A. Kabanova, T.N. Chernina, A.A. Kabanova // Novosti hirurgii [News of surgery]. 2012. Vol. 20. No. 1. pp. 127-129. [in Russian]
6. Muzikin M.I. Metody kostnoj plastiki v ambulatornyh stomatologicheskikh uchrezhdenijah [Methods of bone grafting in outpatient dental institutions] / M.I. Muzikin, A.K. Iordanishvili, D.V. Poplavsky // Institut stomatologii [Institute of Dentistry]. - 2015. - № 4 (69). - Pp. 32-35. [in Russian]

7. Paraskevich, V.L. Dental'naja implantologija: Osnovy teorii i praktiki [Dental implantology: Fundamentals of theory and practice]. / V.L. Paraskevich. 2nd ed. - Moscow: LLC "Medical Information Agency", 2006. - pp. 229-23. [in Russian]
8. Tsai G.E. Stroenie nizhnecheljustnogo kanala [The structure of the mandibular canal] / G.E. Tsai, P.A. Lavrentiev, S.I. Volkov et al. // Morphology. - 2014. - Vol. 145. No. 3. - p. 209. [in Russian]
9. Tsymbalov, O.V. Dental'naja implantacija pri zabolevanijah parodonta (monografija) [Dental implantation in periodontal diseases (monograph)] / O.V.Tsymbalov // Mezhdunarodnyj zhurnal jeksperimental'nogo obrazovanija [International Journal of Experimental Education]. - 2015. - № 2-2. - p. 200. [in Russian]
10. Chibisova M.A. Osobennosti topografii nizhnecheljustnogo kanala po dannym dental'noj komp'juternoj tomografii [Features of the topography of the mandibular canal according to dental computed tomography] / M.A. Chibisova, I.A. Goskov, R.A. Fadeev et al. // Institut stomatologii [Institute of Dentistry]. - 2008. - № 4 (41). - Pp. 102-104. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2021.113.11.058>**ОПЫТ ЛЕЧЕНИЯ СОЧЕТАННОЙ ТРАВМЫ ГОЛОВЫ, ГРУДИ, ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА, ТАЗА С НАРУШЕНИЕМ ТАЗОВОГО КОЛЬЦА И ПРОДОЛЬНОМ ПЕРЕЛОМ КРЕСТЦА**

Научная статья

Белокрылов Н.М.¹, Штадлер Д.И.², Белокрылов А.Н.³, Денисов А.С.⁴, Ладейщиков В.М.⁵, Щеколова Н.Б.^{6,*}¹⁻⁶ Краевая детская клиническая больница, Пермь, Россия

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

Аннотация

Подходы к лечению сочетанной травмы иногда не совпадают с общепринятой схемой лечения отдельных повреждений. Изначально на первый план выходит необходимость стабилизации больного и поддержания жизненно важных функций. Особенности кататравмы иногда ставят задачи, которые трудно решить с помощью стандартных подходов, могут возникать трудности в формировании этапности лечения и технические трудности при нетипичных повреждениях. Один из таких необычных случаев сочетанной травмы и его лечения мы хотим представить вниманию специалистов.

Цель: представить клинический случай сочетанного повреждения, в котором на заключительном этапе лечения потребовалась стабилизация тазового кольца в условиях продольного перелома крестца, расколото при кататравме.

Рассмотрен случай сочетанной травмы головы, груди, конечностей, позвоночника, таза с повреждением тазового кольца с крестцом у больного 14 лет, поступившего в стационар после кататравмы, падения с высоты 12 метров. Первично больной находился в терминальном состоянии, при поступлении диагностирован травматический шок 3 степени. У пациента на 1 этапе выполнена внешняя фиксация конечностей и таза в стержневых конструкциях, далее через 8 дней был проведён остеосинтез костей голени пластиной и плеча эластичными титановыми стержнями, и на заключительном этапе, через полтора месяца, фиксировано заднее тазовое полукольцо и поясничный отдел позвоночника погружной изогнутой в нескольких плоскостях стержневой U-образной конструкцией.

Больной вертикализирован через 5 месяцев после травмы. Клинический исход хороший. Больной ходит самостоятельно, контрактур не сформировалось, расстройств функции тазовых органов, неврологических расстройств нет, жалоб не предъявляет, за исключением ощущений деталей конструкции под кожей.

Методом выбора при переломе крестца может быть применение транспедикулярной изогнутой U-образной стержневой конструкции, фиксирующей поясничный отдел позвоночника и заднее полукольцо таза.

Ключевые слова: таз, травма, кататравма, нестабильные повреждения тазового кольца, перелом крестца, лечение, внешняя стержневая фиксация, пояснично-тазовая фиксация, илео-сакральные винты.

EXPERIENCE IN THE TREATMENT OF COMBINED TRAUMA OF THE HEAD, CHEST, MUSCULOSKELETAL SYSTEM, PELVIS WITH THE DISTURBED PELVIC RING AND LONGITUDINAL FRACTURE OF THE SACRUM

Research article

Belokrylov N.M.¹, Shtadler D.I.², Belokrylov A.N.³, Denisov A.S.⁴, Ladeyshchikov V.M.⁵, Shchekolova N.B.^{6,*}¹⁻⁶ Regional Children's Clinical Hospital (Kraevaya detskaya klinicheskaya bolnitsa), Perm, Russia

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

Abstract

Approaches to the treatment of combined trauma sometimes do not coincide with the generally accepted treatment scheme for individual injuries. Initially, the need to stabilize the patient and maintain vital functions comes to the fore. The features of catatrauma sometimes pose problems that are difficult to solve with the help of standard approaches, there can also be difficulties in forming the stages of treatment and technical difficulties with atypical injuries. The authors would like to present one of such unusual cases of concomitant injury and its treatment to the attention of specialists.

The aim of the study. To present a clinical case of a concomitant injury in which the final stage of treatment required the stabilization of the pelvic ring under conditions of a longitudinal fracture of the sacrum split during catatrauma.

The study examines the case of concomitant injury of the head, chest, limbs, spine, pelvis with damage to the pelvic ring with sacrum in a 14-year-old patient admitted to the hospital after a catatrauma, a fall from a height of 12 meters. Initially, the patient was in a terminal condition; at admission, a traumatic shock of the 3rd degree was diagnosed. At stage 1, the patient underwent external fixation of the limbs and pelvis in rod structures; after 8 days osteosynthesis of the bones of the lower legs with a plate and shoulder with elastic titanium rods was performed, and at the final stage, after a month and a half, the posterior pelvic semicircle and lumbar spine were fixed with a submerged U-shaped rod bent in several planes.

The patient was verticalized 5 months after the injury. The clinical outcome is positive. The patient walks independently, contractures have not formed, there are no disorders of the pelvic organs and no neurological disorders. There are no complaints except for the sensations of structures under the skin.

The method of choice for a sacral fracture may be the use of a transpedicular curved U-shaped rod structure that fixes the lumbar spine and the posterior semicircle of the pelvis.

Keywords: pelvis, trauma, catatrauma, unstable pelvic ring injuries, sacral fracture, treatment, external rod fixation, lumbosacral fixation, iliosacral screws.

Введение

Сочетанная травма тела представляет собой в первую очередь опасность для жизни человека. Очень высока тяжесть травмы таза у молодых пациентов, и это особенно характерно для повреждений тазового кольца: сложность задачи стабилизации состояния таких больных усугубляется множественными повреждениями скелета и внутренних органов [1]. Одна только травма таза является сложнейшей проблемой травматологии и хирургии, её распространенность составляет 3 % от общего числа скелетной травмы [2], [3]. Нередко при поступлении больного изначально не всегда идёт речь о возможности полноценного функционального восстановления пациента, однако задачей врача является необходимость оценивать ситуацию в целом и по возможности при повреждениях скелета проводить своевременные хирургические пособия, раннюю фиксацию, желательно сразу окончательную, не говоря уже о приоритете восстановления работы жизненно важных органов и систем. Однако этапность этих пособий всё же существует, это определяется крайней тяжестью состояния больного, необходимостью его ранней компенсации. На первый план всегда выходит гемодинамическая стабилизация больного одновременно с проведением травматологических пособий по стабилизации костных отломков, что входит в программу жизненно необходимых противошоковых мероприятий при сочетанной травме [4]. Особенности кататравмы иногда ставят задачи, которые трудно решить с помощью стандартных подходов. Авторы стремятся к малоинвазивной фиксации крестца, так, используется метод триангулярного остеосинтеза переломов крестца, это один из способов стабилизации таза при его вертикально-нестабильных переломах [5]. Не всегда такая возможность может быть реализована, особенно при комплексе других повреждений. Тем не менее, должна быть так или иначе достигнута стабилизация заднего тазового полукольца, созданы условия для консолидации крестца и крестцово-подвздошных сочленений. Один из таких необычных случаев сочетанной травмы мы хотим представить вниманию специалистов.

Цель

Представить клинический случай сочетанного повреждения, в котором на заключительном этапе лечения потребовалась стабилизация задних отделов тазового кольца в условиях продольного перелома крестца, расколотого при кататравме.

Клинический случай

Исследования на людях были одобрены Этическим комитетом ФГБОУ ВО «ПГМУ им. академика Е.А.Вагнера» МЗ РФ и проводились в соответствии с этическими стандартами, изложенными в Хельсинской декларации. Родители ребенка дали информированное согласие для включения пострадавшего в исследование.

Больной С., 15 лет, ист. 11780, поступил в стационар 8.07.2019 года в состоянии шока 3 ст., лечился с диагнозом: «Кататравма. Сочетанная травма головы, груди, опорно-двигательного аппарата (ОДА), таза с нарушением тазового кольца, продольный перелом крестца. Ушиб головного мозга, закрытый перелом грудины, ушиб правого лёгкого. Закрытый перелом поперечных отростков L3-L4 справа. Нижний гемипарез справа, нарушение тазовых органов. Закрытый перелом передней колонны правой вертлужной впадины, лонных, седалищных костей, разрыв крестцово-подвздошных сочленений. Закрытый перелом правого плеча в средней трети со смещением, нейропатия лучевого нерва, перелом локтевого отростка справа без смещения. Открытые оскольчатые переломы костей обеих голеней со смещением отломков, ушибленные раны обеих голеней. Ушиб мочевого пузыря, контузия верхнего полюса левой почки с подкапсульной гематомой. Травматический шок 3 степени (рис. 1, 2, 3).

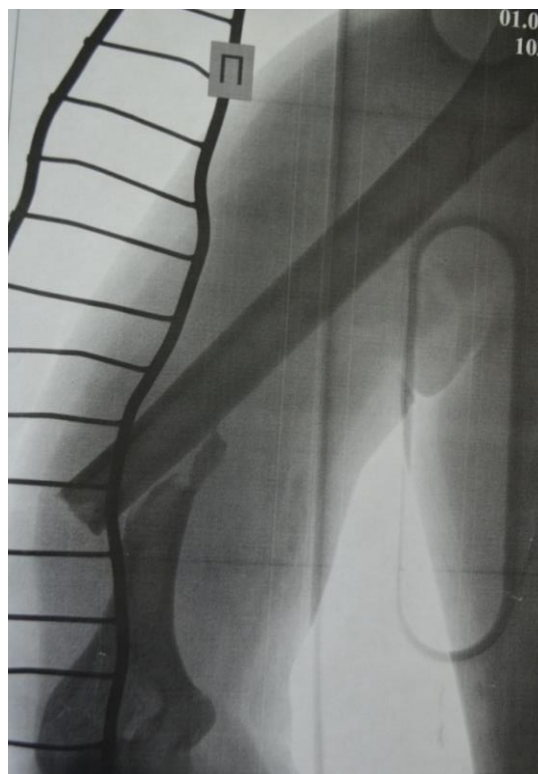


Рис. 1 – Больной С., 15 лет. Перелом плеча

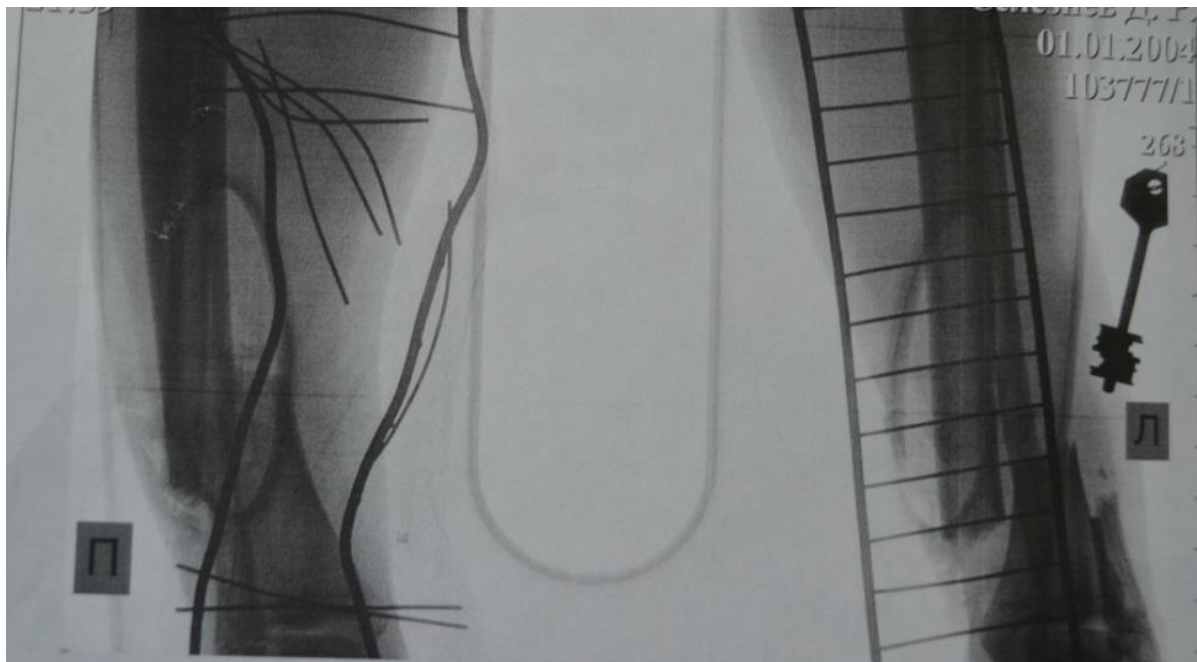


Рис. 2 – Больной С., 15 лет. Перелом голеней

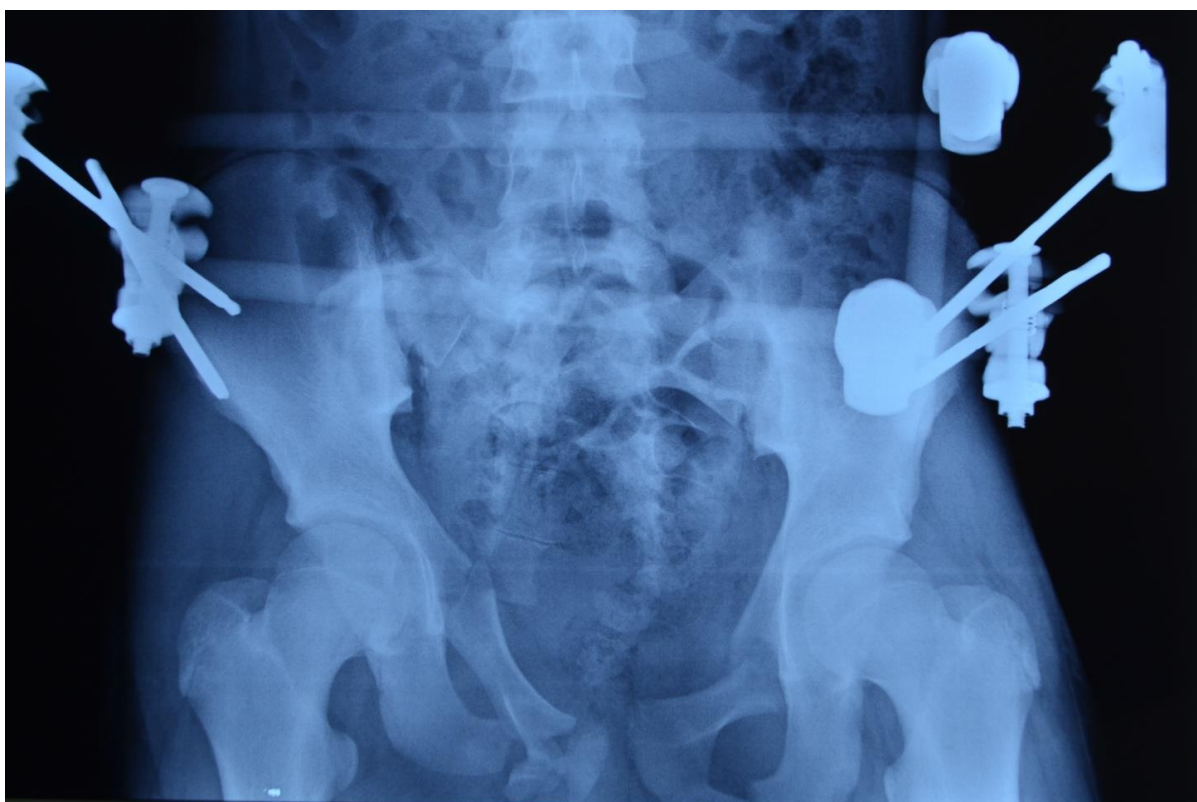


Рис. 3 – Больной С., 15 лет. Таз стабилизирован стержневым аппаратом внешней фиксации

Травма при падении с высоты 12 метров на железнодорожную насыпь. Доставлен через 40 мин. после падения бригадой скорой помощи в ближайший взрослый стационар. Больной без сознания, артериальное давление при поступлении 65/20, эр. $2,3 \times 10^{12}$. Диагностические и реанимационные мероприятия начаты в приёмном покое, больной сразу же взят в операционную. Помощь оказывалась 2 бригадами травматологов и хирургом. При поступлении по жизненным показаниям в рамках противошоковых мероприятий проведены остеосинтезы аппаратами внешней фиксации обеих голеней, правого плеча, таза. Длительность операции 1 час 40 мин. В первые сутки наряду с инфузионной терапией перелито 576 мл эритроцитарной взвеси и 1170 мл свежезамороженной плазмы.

Ребёнок на следующие сутки переведён в детскую клиническую больницу. 12.07.2019 г. проведена повторная гемотрансфузия 850 мл эритроцитарной массы.

Окончательная стабилизация отломков голеней и плеча выполнена 16.07.2019 г. после поступления в детский стационар, так как стояние отломков было неудовлетворительное, хотя аппараты и обеспечивали их стабильность после оказания первичной помощи (4, 5). На операции проведён демонтаж аппарата внешней фиксации с правого плеча и голеней. На плече выполнена ревизия лучевого нерва, невролиз. Интраоперационно перелито ещё 293 мл эритроцитарной массы. Мероприятия по проведению инфузионной и гемотрансфузионной терапии проводились

своевременно с учётом общепринятой практики при сочетанной травме [4]. Переведён из отделения реанимации в отделение травматологии 17.07.2021 г., и оттуда в нейрохирургическое отделение 22.07.2021 г.

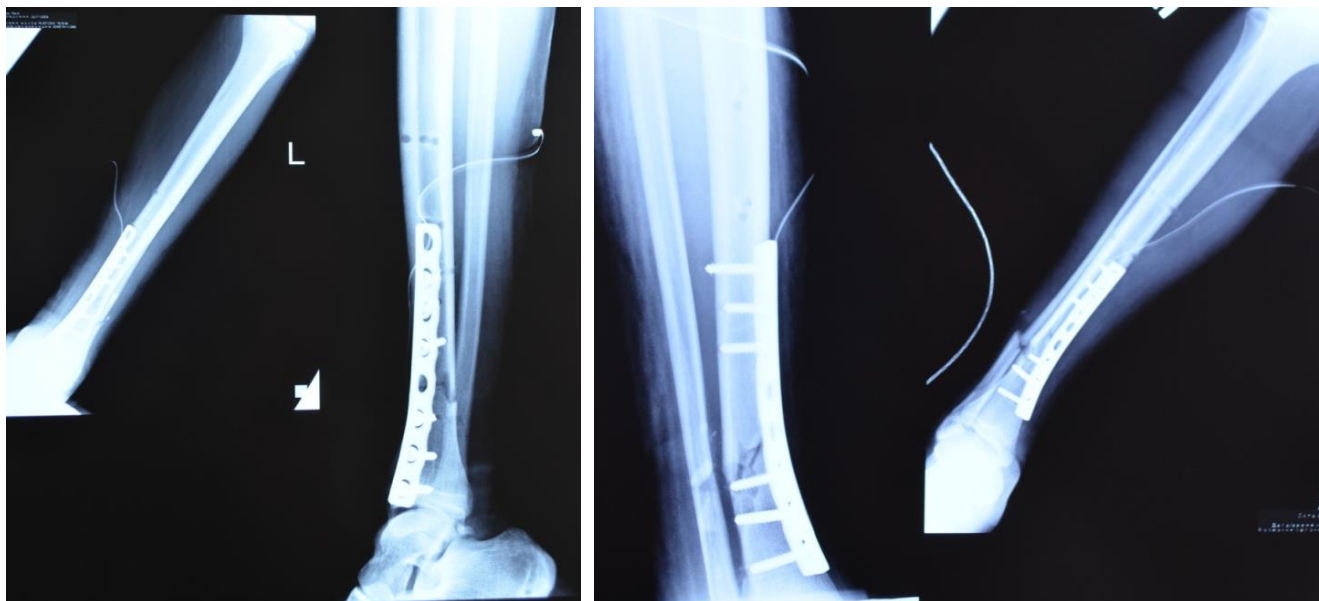


Рис. 4 – Тот же больной, окончательный остеосинтез голени

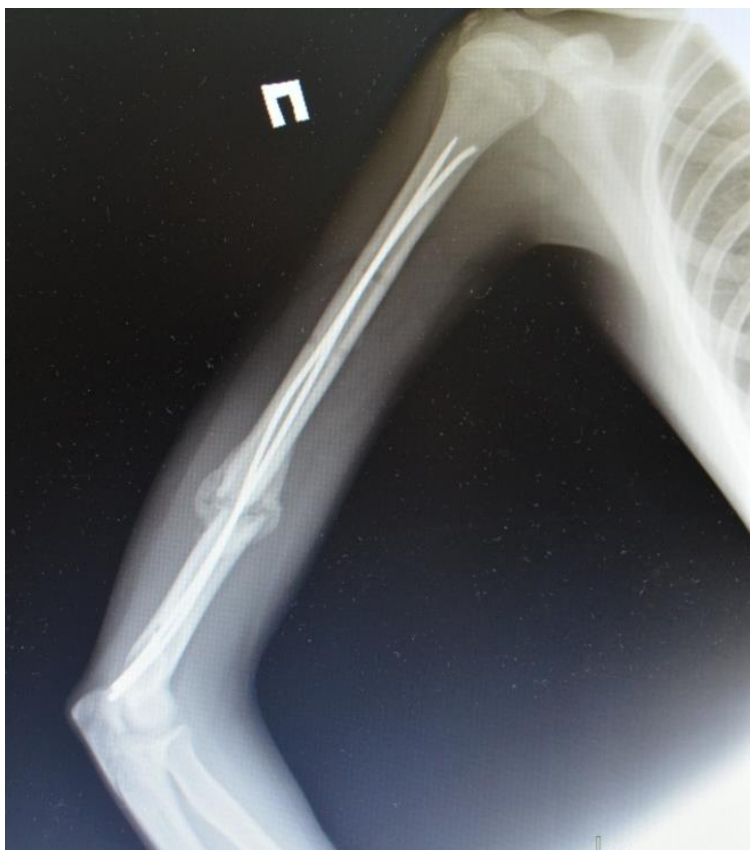


Рис. 5 – Остеосинтез плеча стержнями, выполнен во время симультантной операции на длинных костях. Стабильность перелома недостаточная, что в последующем привело к избыточному развитию костной мозоли

Через 4 недели после поступления начал контролировать функции тазовых органов, восстановились самостоятельные физиологические отправления.

Боли в правой стопе сохранялись ещё в течение 2 месяцев после перенесённой травмы. В отдалённом периоде после травмы через 5 недель развилась инфекция мочевыводящих путей, что потребовало консервативного лечения в плане подготовки к стабилизации заднего тазового полукольца. Проводилась антибактериальная, симптоматическая терапия, лечебная физкультура с учётом использования гипсовых шин до 4 недель после окончательной фиксации плеча и голени погружными конструкциями. Однако сохранялась проблема по стабилизации заднего тазового полукольца, оставалось не устранённое смещение продольного перелома крестца с его расхождением в дистальном направлении. (рис. 6, 7).



Рис. 6 – Тот же больной, вид таза сзади и спереди по время фиксации в стержневом аппарате внешней фиксации



Рис. 7 – Тот же больной, вид таза и расколотого продольно крестца в различных ракурсах после проведения передней фиксации, грубое смещение сзади сохраняется

С учётом исходного состояния больного и ранее проведённой стабилизации тазового полукольца заниматься крестцом раньше не представлялось возможным. 22.08.2021 были проведены демонтаж аппарата внешней фиксации, фиксирующего таз за гребни подвздошных костей, и хирургическая стабилизация заднего тазового полукольца. Выполнена транспедикулярная фиксация L1-L4 сдополнительной фиксацией крестцово-подвздошных сочленений изогнутым U-образным стержнем. Стержень был отмоделирован по форме поясничного лордоза, наклона крестца и расположения задних гребней подвздошных костей (рис. 8, 9).

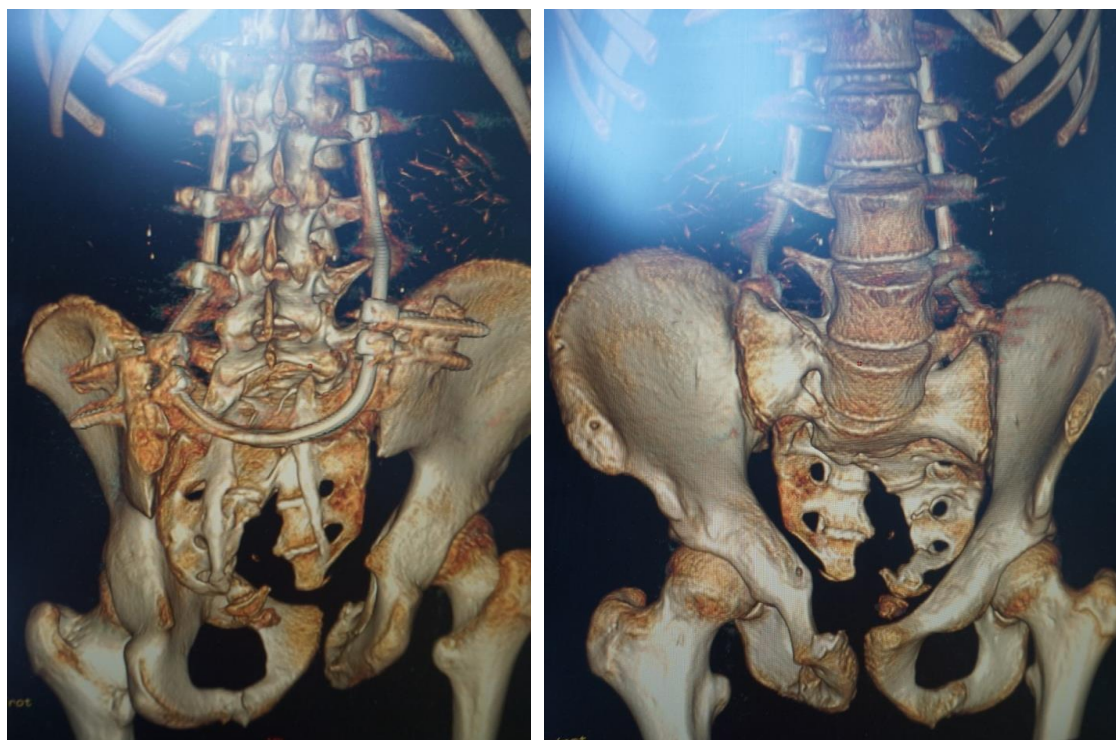


Рис. 8 – Больной С., 15 лет, вид таза и поясничного отдела позвоночника сзади и спереди после фиксации транспедикулярной конструкцией с использованием U-образного изогнутого стержня

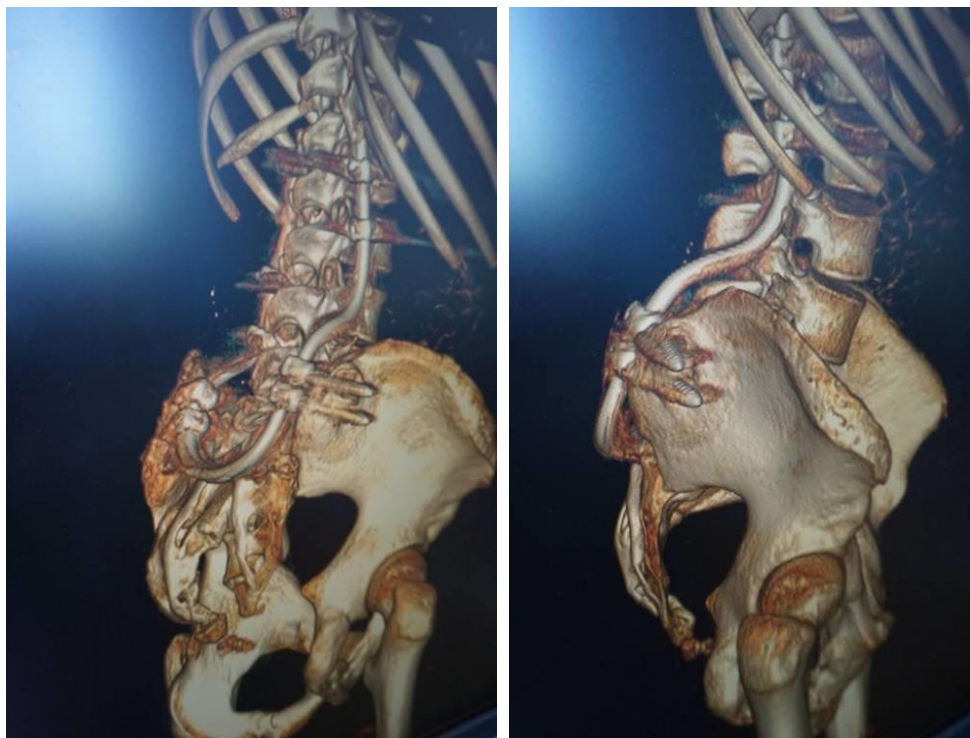


Рис. 9 – Тот же больной, боковой и косой вид на спиральной компьютерной томографии. Форма стержня повторяет физиологические изгибы спины и позвоночника

Репозиция крестца не проводилась. В L1-L4 установлены 6 транспедикулярных винтов, и по 2 винта в каждое крестцово-подвздошное сочленение. Вертикализация больного в постели начата 6.09.2021 г. Заживление раны в области крестца и поясничного отдела позвоночника первичным натяжением. Выписан из стационара 20.09.2021 г. После выписки из стационара больной продолжал амбулаторное лечение. Консолидация переломов костей голени и плеча диагностирована через 3 месяца после травмы, к этому же времени прошли явления правостороннего нижнего гемипареза, восстановилась функция лучевого нерва, разрешено вставать через 5 месяцев после травмы. В настоящее время сам стоит, ходит, жалоб не предъявляет, несколько беспокоит выстояние элементов транспедикулярной конструкции под кожей. От удаления конструкций отказывается. Во всех крупных суставах конечностей амплитуда движений восстановлена, симметричная, длина нижних конечностей одинаковая. В психоневрологическом статусе патологии не выявлено.

Результаты и обсуждение

При оказании помощи при сочетанной травме остро стоят вопросы ухода за больным. Поэтому при открытом остеосинтезе костей голени был сделан выбор в пользу наkostных пластин, что позволило в дальнейшем не применять дополнительную гипсовую иммобилизацию. Расстройство функции тазовых органов останавливало специалистов от раннего вмешательства на крестце, тем более что сохранялись опасения потерять уже достигнутую стабильность таза. При сочетанной травме могут возникнуть условия, исключающие одновременную работу на переднем и заднем тазовом полукольце. Особенно остро этот вопрос стоит в случаях грубого повреждения крестца. В этих случаях нет чётких рекомендаций по его остеосинтезу. Проблему осложняет наличие других повреждений скелета, внутренних органов, проведение других симультантных операций. В нашем случае необходимость по жизненным показаниям первично стабилизировать переднее тазовое полукольце стержневой конструкцией, с одной стороны, требовало ожидания консолидации, с другой – по техническим причинам вмешиваться на крестце в ранние сроки было невозможно. Поэтому в нашем случае методом выбора было применение открытой фиксации поясничного отдела позвоночника и крестцово-подвздошных сочленений для усиления задней фиксации.

Заключение

При сочетанной травме первичная стабилизация костных фрагментов может влиять на последующую тактику реконструктивных оперативных вмешательств. В нашем случае проблемой было повреждение переднего и заднего тазового полукольца с продольным расколотым переломом крестца. Анатомия крестца в ранние сроки не могла быть восстановлена, первично с помощью аппарата внешней фиксации стабилизировано только переднее тазовое полукольцо, а восстановление заднего полукольца с крестцом потребовало открытого хирургического вмешательства с использованием транспедикулярной конструкции Medtronic с индивидуально U-образно изогнутым стержнем. Операция была проведена через 45 дней после кататравмы, стабилизированы поясничный отдел позвоночника, крестец, крестцово-подвздошные сочленения. Исход лечения хороший. Через 5 недель стала возможной вертикализация больного и ходьба.

Этическая экспертиза

Родители пациента дали согласие на проведение исследования и публикацию данных по лечению пациента.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Balogh Z. Institutional practice guidelines on management of pelvic fracture-related hemodynamic instability: do they make a difference? / Z. Balogh, E. Caldwell, M. Heetveld, et al. // JTrauma. 2005; 58:778–82
2. Arvieux C. Current management of severe pelvic and perineal trauma / C. Arvieux, F.Thony, C. Broux et al. // J Visc Surg. 2012; 149:227–38
3. Cullinane D.C. Eastern Association for the Surgery of Trauma practice management guidelines for hemorrhage in pelvic fracture–update and systematic review / D.C. Cullinane, H.J. Schiller, M.D. Zielinski et al. // J Trauma. 2011; 71:1850–68
4. Perkins Z.B. Impact on outcome of a targeted performance improvement programme in haemodynamically unstable patients with a pelvic fracture / Z.B. Perkins, G.D. Maytham, L. Koers et al. // BoneJointJ. 2014; 96-B:1090–7.
5. Дулаев А.К. Триангулярный остеосинтез переломов крестца при вертикально-нестабильных повреждениях таза / А.К. Дулаев, И.В. Кажанов, Р.А. Преснов и др. // Новые медицинские технологии / - 2018, № 2 (июнь), С. 17 – 34.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Balogh Z. Institutional practice guidelines on management of pelvic fracture-related hemodynamic instability: do they make a difference? / Z. Balogh, E. Caldwell, M. Heetveld, et al. // JTrauma. 2005; 58:778–82
2. Arvieux C. Current management of severe pelvic and perineal trauma / C. Arvieux, F.Thony, C. Broux et al. // J Visc Surg. 2012; 149:227–38
3. Cullinane D.C. Eastern Association for the Surgery of Trauma practice management guidelines for hemorrhage in pelvic fracture–update and systematic review / D.C. Cullinane, H.J. Schiller, M.D. Zielinski et al. // J Trauma. 2011; 71:1850–68
4. Perkins Z.B. Impact on outcome of a targeted performance improvement programme in haemodynamically unstable patients with a pelvic fracture / Z.B. Perkins, G.D. Maytham, L. Koers et al. // BoneJointJ. 2014; 96-B:1090–7.
5. Dulaev A.K. Trianguljarnyj osteosintez perelomov krestca pri vertikal'no-nestabil'nyh povrezhdenijah taza [Triangular Osteosynthesis Of Fractures Of The Sacrum In Vertically Unstable Pelvic Ring Injuries] / A.K. Dulaev, I.V. Kazhanov, R.A. Presnov et al. // Novye medicinskie tehnologii [New medical technology] - 2018, № 2 (june), P. 17-34. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2021.113.11.059>

ПРЕИМУЩЕСТВА АКТИВНОЙ ТАКТИКИ ДИСПАНСЕРНО-ДИНАМИЧЕСКОГО НАБЛЮДЕНИЯ У ПАЦИЕНТОВ С НАРУШЕНИЯМИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА И ПРОВОДИМОСТИ

Научная статья

Гетман С.И.^{1,*}, Чепель А.И.², Тегза В.Ю.³

¹ Военный институт физической культуры МО РФ, Санкт-Петербург, Россия;

^{2,3} Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова МО РФ, Санкт-Петербург, Россия

* Корреспондирующий автор (sig.spb[at]mail.ru)

Аннотация

Представлены результаты активной тактики диспансерно-динамического наблюдения за пациентами с нарушениями сердечного ритма и проводимости.

В исследовании приняли участия лица, прикрепленные к ведомственной поликлинике Военно-медицинской Академии им. С.М. Кирова – 545 человек с нарушением сердечного ритма и проводимости: военнослужащие и ранее проходившие службу в Вооруженных силах Российской Федерации.

За пациентами с нарушением сердечного ритма вели активное наблюдение в течение 2 лет с ежемесячными вызовами пациентов на приём к врачу-кардиологу. Для контроля качества набраны пациенты – 159 человек без аритмии, которых наблюдали традиционно, то есть они обращались к врачу по требованию.

Выявлено, что частота госпитализаций по неотложным показаниям, несмертельных кардиоваскулярных осложнений и смертей от сердечно-сосудистых причин в течение 2-х лет оказались достоверно меньше у больных, страдающих аритмиями и ежемесячно посещающих врача по сравнению с пациентами, которых наблюдали традиционно. Установлено, что решающими факторами для успешной профилактики неблагоприятных сердечно-сосудистых событий у активно наблюдаемых больных с аритмиями служат: более частая коррекция лекарственных назначений, раннее выявление возникших осложнений и своевременное их предупреждение.

Ключевые слова: нарушение сердечного ритма и проводимости, диспансерно-динамическое наблюдение, кардиоваскулярный прогноз, миокардит, магнитно-резонансная томография.

ADVANTAGES OF ACTIVE TACTICS OF ONGOING REGULAR MEDICAL CHECK-UPS IN PATIENTS WITH CARDIAC ARRHYTHMIAS AND CONDUCTION DISORDERS

Research article

Getman S.I.^{1,*}, Chepel A.I.², Tegza V.Yu.³

¹ Military Institute of Physical Culture, St. Petersburg, Russia;

^{2,3} S.M. Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russia

* Corresponding author (sig.spb[at]mail.ru)

Abstract

The current article presents the results of active tactics of ongoing regular medical check-ups of patients with cardiac arrhythmias and conduction disorders.

The study involved the patients of the departmental polyclinic of the S.M. Kirov Military Medical Academy; in total, the study involved 545 people with heart rhythm and conduction disorders such as military personnel and those who previously served in the Armed Forces of the Russian Federation.

Patients with cardiac arrhythmia were actively monitored in the course of 2 years with monthly patient calls for an appointment with a cardiologist. For quality control, the study included 159 people without arrhythmia, who were observed traditionally, that is, they turned to a doctor on demand.

The study demonstrates that the frequency of hospitalizations for urgent indications, non-fatal cardiovascular complications, and deaths from cardiovascular causes in the course of 2 years was significantly lower in patients suffering from arrhythmias and monthly visits to the doctor compared with patients who were observed in traditional manner. The authors also establish that the decisive factors for the successful prevention of adverse cardiovascular events in actively observed patients with arrhythmias are more frequent correction of drug prescriptions, early detection of complications, as well as their timely prevention.

Keywords: cardiac arrhythmia and conduction disorders, ongoing regular medical check-ups, cardiovascular prognosis, myocarditis, magnetic resonance imaging.

Введение

Несмотря на заметное снижение уровня смертности среди взрослого населения от заболеваний системы кровообращения в течение последних 40–50 лет, они остаются наиболее распространённой причиной смерти [1]. Сердечно-сосудистые заболевания занимают первое место в структуре общей смертности населения России [2]. Аритмии – одна из наиболее частых причин обращения за медицинской помощью к кардиологу на амбулаторно-поликлиническом этапе.

Нарушения ритма сердца часто встречаются среди лиц разного возраста и пола, среди здоровых людей, а также страдающих самыми различными патологиями [3]. Наиболее часто встречающимся видом аритмии на приёме у врача-кардиолога является экстрасистолия. Экстрасистолия – вариант нарушения сердечного ритма, характеризующийся внеочередными сокращениями всего сердца или его отдельных частей (экстрасистолами). Это самый распространенный вид нарушений сердечного ритма. Её выявляемость зависит от метода исследования. При суточном мониторировании электрокардиограммы по Холтеру она достигает 90 % [4]. Согласно опубликованным данным, в

структуре аритмий она достигает 75 % [5]. Экстрасистолия встречается как у людей с органическими поражениями миокарда, так и при отсутствии структурных изменений сердца [6]. При этом у здоровых лиц в большинстве случаев регистрируются редкие одиночные экстрасистолы, реже выявляются полиморфные желудочковые экстрасистолы и ещё реже – групповые желудочковые экстрасистолы. У совершенно здоровых людей допускается: одиночная предсердная экстрасистолия – менее 700 в сутки, парная – не более десяти, пробежка суправентрикулярной тахикардии – одна – две в сутки длительностью менее 5 сек, одиночная желудочковая экстрасистолия – менее 500 в сутки, парная – не более пяти; одна – две пробежки желудочковой тахикардии по три комплекса на высоте физической нагрузки, если количество одиночных экстрасистол не повышено и отсутствуют клинические признаки устойчивых пароксизмов желудочковой тахикардии [7]. Указанные изменения, видимо, обусловлены тем, что человек в течение суток встречается с множеством ситуаций, которые подвергают экзамену его нервную, вегетативную, гормональную и водно-электролитную устойчивость [8].

Экстрасистолия может быть связана с индивидуальными врожденными особенностями проводящей системы. Возможна при интоксикациях и некоторых лекарственных воздействиях. Не вызывает сомнений патогенетическая роль электролитных расстройств, в частности изменений содержания калия, натрия, кальция, магния, хлора, которые играют важную роль в физиологии клеточных мембран и сердечного ритма [9].

В последнее время доказана связь нарушений сердечного ритма с пролабированием клапанов, патологией грудного отдела позвоночника, а также с такими сопутствующими заболеваниями внутренних органов, как язвенная болезнь, гастриты, колиты, холециститы, аднекситы и др. [10]. Нарушения ритма сердца, по данным различных авторов, осложняют течение бронхиальной астмы и выявляются у 40 – 92 % таких пациентов. Также отмечено, что частота нарушений ритма предсердного и желудочкового происхождения у больных с обструктивной легочной патологией увеличивается в период ухудшения течения основного заболевания. Особенно актуально это сегодня во время пандемии новой коронавирусной инфекции COVID-19. Изменения сердечного ритма при данной патологии носят сложный характер, например, частые желудочковые и суправентрикулярная экстрасистолы часто обусловлены воспалительным поражением сердечной мышцы – вирусным миокардитом. Очевидно, что новая коронавирусная инфекция COVID-19 вызывает повреждение миокарда, будь то прямой миокардит или косвенное повреждение из-за системной воспалительной реакции.

Некоторые формы аритмий встречаются у практически здоровых лиц, даже у людей с высокими функциональными возможностями, например, спортсменов [11].

Представленные в последних публикациях результаты исследований подчеркивают, что риск развития сердечных заболеваний высок даже у молодых и физически активных пациентов, инфицированных SARS-CoV-2 [12], [13], [15].

У части людей сердечные аритмии приобретают клиническое значение. Нарушения сердечного ритма, сопровождающиеся снижением сердечного выброса, являются одной из наиболее частых причин ишемии головного мозга. При многих аритмиях велика вероятность тромбоэмболических осложнений. Медикосоциальное значение этой проблемы подчеркивается тем, что кардиоэмболический инсульт нередко ассоциируется с выраженными неврологическими нарушениями и существенно ухудшает качество жизни пациентов. Поэтому столь актуальны своевременное распознавание кардиальной причины инсульта и определение оптимальной стратегии профилактики этого грозного осложнения.

В опубликованном обзоре клинических анализов исследователи подтверждают концепцию, согласно которой патогенез тяжелого заболевания COVID-19 включает прямое вирусное повреждение нескольких органов, включая сердце и легкие, в сочетании с последствиями прокоагулянтного состояния с коагулопатией [16], что нельзя недооценивать у больных, страдающих аритмией!

Все вышеперечисленное определяет безусловную актуальность идентификации группы пациентов с нарушением ритма сердца, имеющих высокий риск развития тромбоэмболических осложнений. Своевременная диагностика и коррекция нарушений ритма и их осложнений – это основа индивидуализированной первичной и вторичной профилактики сосудистых событий.

Данной проблеме посвящено проведенное нами исследование.

Цель исследования

Определить частоту встречаемости сердечных аритмий на амбулаторно-поликлиническом этапе, выявить причины и пусковые факторы нарушений сердечного ритма и проводимости и предложить методику оптимального диспансерно-динамического наблюдения за пациентами, страдающими аритмией.

Материалы и методы

В течение двух лет к врачу-кардиологу консультативно-диагностического центра обратились 4373 пациента. Всем обратившимся было проведено электрокардиографическое исследование в день посещения. У 652 из них при обращении были выявлены нарушения сердечного ритма (зафиксированы при регистрации ЭКГ в день визита, а также на предыдущих электрокардиограммах и суточных исследованиях ЭКГ по Холтеру). Эти лица и были включены в исследование, что составило 14,9 % от числа обратившихся за медицинской помощью. У 545 человек при дальнейшем обследовании аритмии при суточном мониторировании ЭКГ по Холтеру были значимыми, то есть количество желудочковых и наджелудочковых экстрасистол превышало допустимую норму по А. Дабровски и др. 1998 [17]. Лица до 31 года: допустимо 10 – 50/24 часа ЖЭ, в том числе полиморфные. Взрослые 31 – 40 лет: допустимо 50 – 100/24 часа ЖЭ, в том числе полиморфные. Взрослые 41 – 60 лет: допустимо 50 – 100/24 часа ЖЭ, в том числе полиморфные и суправентрикулярная экстрасистолия 50 – 100/24 часа. Взрослые старше 60 лет: допустимо 100 – 500/24 часа ЖЭ, в том числе полиморфные и парные, суправентрикулярная экстрасистолия 100 – 1000/24 часа.

Средний возраст изучаемых лиц составил $66,6 \pm 15$ лет. За пациентами с нарушением сердечного ритма вели активное наблюдение в течение 2 лет с ежемесячным посещением врача-кардиолога. Для контроля набрали группу – 159 человек без аритмии, которых наблюдали традиционно, то есть они обращались к врачу по требованию.

Пациенты изучаемых групп были сопоставимы по полу, возрасту и сопутствующей патологии (Таб. 1.).

Таблица 1 – Основные клинические характеристики пациентов исследуемой и контрольной групп

Показатель	Группы пациентов	
	Исследуемая группа (n=545)	Контрольная группа (n=159)
Пол	м-445 / ж-100	М-123 / ж-36
Возраст, годы	$66,6 \pm 15$	$62,1 \pm 14$
Масса тела, кг	$81,3 \pm 1,6$	$78 \pm 1,5$
Рост, см	$172,2 \pm 1,0$	$170 \pm 1,9$
Средний ФК стенокардии	1,3	1,4
ГБ, б-ные	454	134
ГБ, %	83,3	84,5
Средняя стадия АГ	1,9	2,1
СД, б-ные	80	22
СД, %	14,7	14
Средний ФК ХСН	1,56	1,7
Средняя стадия ХСН	1,4	1,4
Средний риск ССЗ	3,2	3,3

Всех обследуемых определили в 3 группы в зависимости от преобладающего нарушения сердечного ритма.

В 1-ю группу вошли обследуемые с преимущественным нарушением ритма сердца по типу желудочковой экстрасистолии – 96 человек от 18 до 89 лет; во 2-ю группу – обследуемые с преимущественным нарушением ритма сердца по типу наджелудочковой экстрасистолии – 343 человека от 17 до 83 лет; в 3-ю группу – обследуемые с комбинированными нарушениями ритма сердца (наджелудочковая и желудочковая экстрасистолия) – 106 человек от 18 до 87 лет. При первичном обращении по поводу аритмии, а также через 12 и 24 месяца после включения в исследование этим лицам проводили: полный врачебный осмотр с заполнением формализованной истории болезни; лабораторные исследования (клинический анализ крови, биохимическое исследование крови с определением уровня С-реактивного белка, фибриногена, калия, натрия, магния, хлора, глюкозы, липидного спектра, креатинина, общего белка, показателей свертывающей системы крови, гормонов щитовидной железы трийодтиронина Т3, тетрайодтиронина Т4, тиреотропного гормона ТТГ); инструментальные исследования (электрокардиография, суточное мониторирование ЭКГ по Холтеру, рентгенография органов грудной клетки, эхокардиография).

Результаты и их обсуждение

По итогам проведенного исследования нами установлено, что ведущей причиной появления аритмий является ишемическая болезнь сердца (ИБС). У 59,6% обследованных лиц диагностирована ИБС с использованием нагрузочных проб и коронароангиографии. Главным фоновым заболеванием оказалась гипертоническая болезнь, она присутствовала у 83,3% изучаемых пациентов. Безусловным лидером среди пусковых факторов возникновения аритмии стал психоэмоциональный стресс. Более 80% обследованных лиц, переживали на момент обращения к кардиологу по поводу нарушения сердечного ритма сильное психоэмоциональное перенапряжение (Рис.1).

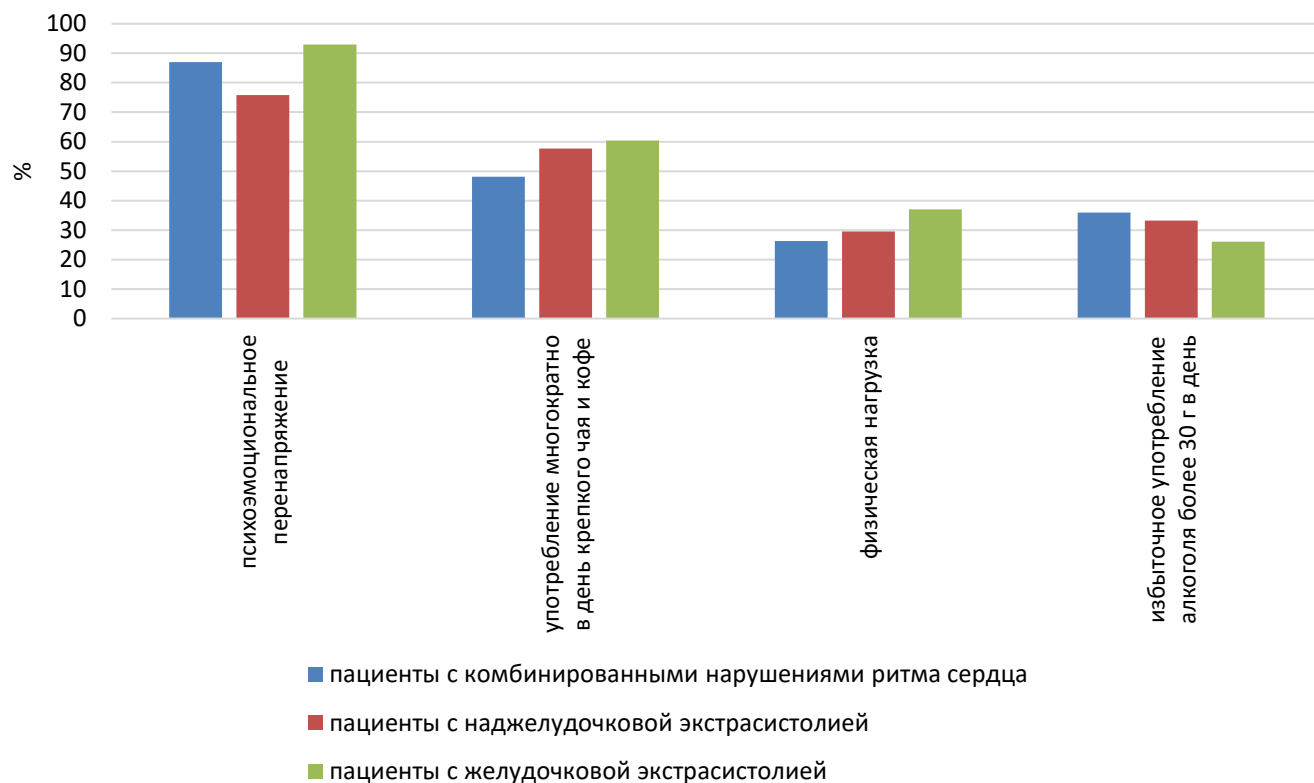


Рис. 1 – Факторы, провоцирующие появление аритмии

Примечание: $p < 0,05$ — различия данных между пациентами исследуемых групп достоверны; 1 группа — пациенты с преимущественно желудочковыми нарушениями сердечного ритма; 2 группа — пациенты с преимущественно наджелудочковыми нарушениями сердечного ритма; 3 группа — пациенты с комбинацией желудочковых и наджелудочковых нарушений ритма сердца

У 73 обследованных нами пациентов (13,4 %) причину нарушения сердечного ритма выявить не удалось. У них отсутствовали врождённые и приобретённые пороки сердца, явные признаки кардиомиопатии, аномалии проводящей системы (WPW-синдром), такие эндокринные расстройства, как гипо- и гипертиреоз, феохромоцитома, акромегалия, а также симптомы сердечной недостаточности. Этим лицам для выяснения причины аритмий провели дополнительное обследование – магнитно-резонансную томографию сердца с контрастным усилением гадолинием.

У 20 из 73 обследованных с использованием сердечной магнитно-резонансной томографии выявили признаки миокардита. При этом диагноз миокардит у этих лиц не рассматривался и явился случайной находкой.

Важно отметить, что МР-исследования в нашей работе проводились в соответствии с рекомендациями, которые были выработаны на интернациональном съезде по МРТ диагностике миокардита «Lake-Louise Criteria» [18]. Рекомендации содержат МРТ признаки у пациентов с миокардитом, стандарты протоколов МРТ, терминологию для МРТ находок и диагностические МРТ-критерии миокардита (*Lake Louise Criteria*), которые включают: 1) локальное или диффузное усиление интенсивности T2-сигнала; 2) увеличение отношения интенсивности раннего T1-сигнала от миокарда к сигналу от скелетных мышц; 3) визуализацию как минимум одной зоны с повышенным накоплением гадолиния на отсроченных T1-взвешенных изображениях, что может свидетельствовать о некротических или фибротических изменениях сердечной мышцы. Наличие не менее двух из этих критериев на фоне клинической симптоматики позволяет диагностировать миокардит. Изучение МРТ изображений в соответствии с вышеуказанными рекомендациями включает оценку наличия отёка миокарда, гиперемии, вследствие повышения проницаемости капилляров, некротических и фибротических изменений, а также комплексный анализ изображений в трёх режимах: T2 взвешенном, раннем и отсроченном T1 взвешенном, что повышает чувствительность методики до 78 %.

Ряд авторов указывают, что чувствительность и специфичность метода достигают 91% [19]. Очевидно, что магнитно-резонансная томография является высокоинформативным методом визуализации при воспалительных заболеваниях миокарда.

Наблюдение за участниками исследования велось в течение 2 лет. При этом лица с нарушением ритма сердца посещали кардиолога ежемесячно, а пациенты контрольной группы обращались к врачу по необходимости. Нами фиксировались кардиоваскулярные осложнения, возникающие у пациентов обеих групп, госпитализации в плановом порядке и по экстренным показаниям в связи с патологией системы кровообращения, а также летальные исходы.

Установлено, что у пациентов, страдающих аритмией ежемесячно посещающих врача-кардиолога, произошло достоверно меньше смертей от сердечно-сосудистых причин, потребовалось меньше госпитализаций по экстренным показаниям и возникло меньше несмертельных кардиоваскулярных осложнений (инфаркт, инсульт, тромбоэмболия) по сравнению с пациентами, которые обращались к врачу-кардиологу только по необходимости. Статистика перечисленных событий, распределенная по изучаемым группам пациентов, представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Кардиоваскулярные события, имевшие место у исследуемых больных в течение 2 лет с момента включения в исследование

Неблагоприятные события	Группы пациентов			
	Активно наблюдаемая группа (N=545)		Контрольная группа (N=159)	
	абс. ч.	%	абс. ч.	%
Госпитализации по неотложным показаниям	74	13,57	17	10,69
Осложнения несмертельные (инфаркт, инсульт, эмболии)	13	2,38	15	9,43
Летальные исходы из-за сердечно-сосудистых болезней	8	1,46	1	0,62
Все неблагоприятные события (комбинированный критерий)	95	17,43	34	21,38

По данным нашего исследования наличие у пациентов нарушений сердечного ритма является предиктором развития сердечно-сосудистых событий в ближайший и отдалённый периоды наблюдения. Так у части пациентов имеющих такие незначительные по своему проявлению нарушения ритма как наджелудочковая экстрасистолия в течение 2 лет наблюдалась трансформация частой наджелудочковой экстрасистолии в фибрилляцию предсердий, одним из грозных осложнений которой являются системные тромбоэмболии. В общей сложности у 18 (3,3%) больных из 545 в течение двух лет наблюдения зафиксирована трансформация частой наджелудочковой экстрасистолии в фибрилляцию предсердий. Аналогичную ситуацию описали в своем исследовании наши соотечественники Еремеев А. Г., Добрых В. А., и Тен Т. К. Дальневосточные учёные зафиксировали переход частой и групповой суправентрикулярной экстрасистолии в фибрилляцию предсердий [20]. Часто этот переход остается незамеченным самим больным и лишь остро возникшие сердечно-сосудистые события заставляют постфактум дать оценку ведения такого пациента.

При анализе лекарственной терапии данных пациентов, обращает на себя внимание либо отсутствие антиагрегантов и антикоагулянтов в лечении, либо использование этих препаратов в неадекватных дозах. Зафиксированы случаи тромбоэмболии легочной артерии (ТЭЛА) и мелких её ветвей на фоне отмены тройной антиагрегантной и антикоагулянтной терапии, а также острого нарушения мозгового кровообращения (ОНМК) как на фоне достаточной дозировки варфарина (МНО в диапазоне от 2 до 3), так и в случаях отсутствия контроля уровня МНО со стороны пациентов с высоким и очень высоким риском развития тромбоэмболий. В реальной клинической практике периодически возникает вопрос выбора между дезагрегантами и антикоагулянтами у пациентов с сочетанием стабильной ИБС и фибрилляцией предсердий. При вышеуказанном нарушении ритма в настоящее время приоритетным представляется терапия пероральными антикоагулянтами. В то же время наш анализ литературных данных выявил приверженность врачей к назначению, прежде всего, антиагрегантов, которые получают более 60 % больных. Наиболее часто проводится монотерапия аспирином, значительно реже — клопидогрелем и сочетанием этих двух дезагрегантов. В свою очередь, пероральные антикоагулянты получают только 48 % пациентов. У 28 % больных в лекарственных назначениях антитромботическая терапия не фигурирует [21]. Такие данные свидетельствуют о нацеленности практических врачей, прежде всего, на профилактику осложнений коронарного тромбоза и недооценку возможных тромбоэмболических осложнений, присущих фибрилляции предсердий.

Мы обнаружили, что решающими факторами для успешной профилактики неблагоприятных сердечно-сосудистых событий у активно наблюдаемых больных с нарушением сердечного ритма служат: раннее выявление возникших осложнений и их коррективная, своевременное предупреждение возможных осложнений, а также более частая коррекция лекарственных назначений. Это повысило выживаемость данной категории больных и значительно снизило финансовые затраты государства на лечение сердечно-сосудистых осложнений у пациентов с нарушениями ритма сердца.

Наглядное представление о различиях в прогнозе между пациентами изучаемых групп даёт моделирование «выживаемости» с помощью кривой Каплана-Мейера (рис. 2).

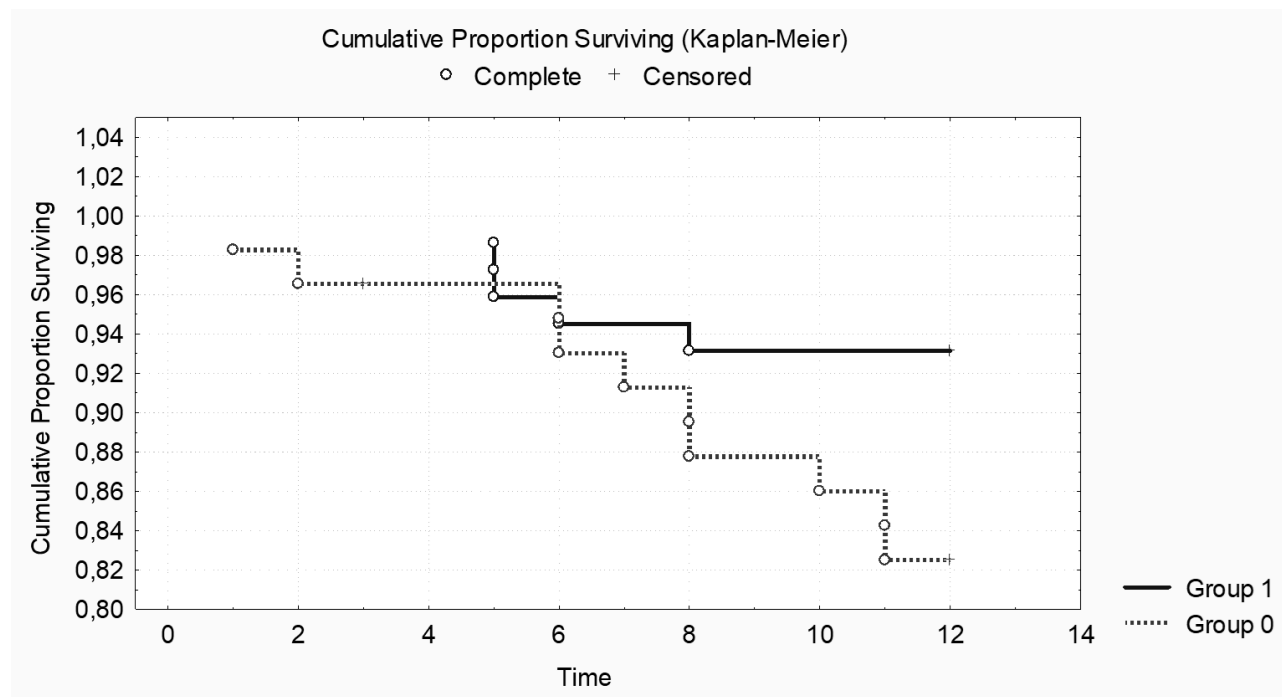


Рис. 2 – «Выживаемость» больных в зависимости от избранной тактики наблюдения:
Group 1 – активно наблюдаемые больные с нарушением ритма; *Group 0* – больные контрольной группы с обычным режимом наблюдения

Из рис. 2 следует, что, начиная с 6-го месяца наблюдения, частота неблагоприятных событий у больных контрольной группы становится существенно выше, чем у активно наблюдаемой группы пациентов с аритмией (кривая «выживаемости» опускается ниже). По критерию Кокса различие между прогнозом у пациентов 2-х рассматриваемых групп достоверно (Cox's F-Test: $T1 = 9,056856$; $T2 = 6,943144$; $F(10, 20) = 2,61$; $P = 0,03258$). Вероятность благоприятного исхода — отсутствия неблагоприятных событий у активно наблюдаемых больных составила $0,931 \pm 0,03$ (риск неблагоприятных событий — 6,9 %), у больных контрольной группы — $0,825 \pm 0,05$ (риск неблагоприятных событий — 17,5 %). Таким образом, совокупная вероятность неблагоприятных событий снизилась в среднем на 60,6 %.

Следовательно, тактика активного ежемесячного наблюдения у больных, страдающих аритмией, позволяет существенно уменьшить число неблагоприятных событий, таких как госпитализация по неотложным показаниям, инфаркт, инсульт и, наконец, смерть от сердечно-сосудистых причин.

Заключение

Проведенное научное исследование позволило нам сделать следующие выводы:

1. Частота встречаемости аритмий на амбулаторно-поликлиническом этапе достигает 15%.
2. Частота госпитализаций по неотложным показаниям, несмертельных кардиоваскулярных осложнений и смертей от сердечно-сосудистых причин в течение 2 лет оказалась достоверно меньше у больных с нарушениями сердечного ритма ежемесячно посещающих врача по сравнению с пациентами, которых наблюдали традиционно (обращение к врачу при ухудшении самочувствия).
3. Лиц с аритмиями необходимо наблюдать активно, планируя посещения врача-кардиолога ежемесячно, но не реже 1 раза в 3 месяца, так как это обеспечивает раннее выявление возникших осложнений и своевременную их коррекцию, что значимо повышает выживаемость данной категории больных.
4. Частая наджелудочковая экстрасистолия с течением времени у 3,3 % больных трансформируется в фибрилляцию предсердий, опасную тромбоэмболическими осложнениями. Наличие частой суправентрикулярной экстрасистолии ассоциируется с развитием фибрилляции предсердий.
5. В условиях всеобщей пандемии COVID-19 можно ожидать роста заболеваемости вирусным миокардитом. А поскольку частым клиническим проявлением миокардита являются нарушения сердечного ритма, то своевременным и целесообразным считаем рекомендовать использование МРТ сердца с контрастированием гадолинием у пациентов с идиопатическими нарушениями сердечного ритма по типу частой желудочковой и наджелудочковой экстрасистолии, особенно при подозрении на миокардит.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Huikuri, H.V. Sudden death due to cardiac arrhythmias / H.V. Huikuri [et al.] // N. Engl. J. Med. – 2001. – Vol. 345, № 20. – P. 321–323.
2. Вишневский, А.И. Смертность от болезней системы кровообращения и продолжительность жизни в России / А.И. Вишневский и др. // Демографическое обозрение. – 2016. – Том 3, № 1. – С. 6–34.

3. Брянцева, О.В. Аритмический синдром как клиническое проявление процессов преждевременного старения / О.В. Брянцева // *Фундаментальные исследования*. – 2012. – № 2. – С. 263–266.
4. Макаров, Л.М. Холтеровское мониторирование (3-е издание) / Л.М. Макаров. – М.: Медпрактика. – М, 2008. – 456 с.
5. Бокерия, Л.А. Магнитно-резонансная томография в диагностике патологических изменений миокарда некоронарогенного характера у детей и подростков с желудочковой экстрасистолей / Л.А. Бокерия, В.Н. Макаренко, Л.А. Юрпольская // *Анналы аритмологии*. – 2013. – Т. 10, № 3. – С. 124–131.
6. Aliot, E.M. EHRA/HRS expert consensus on catheter ablation of ventricular arrhythmias / E.M. Aliot [et al.] // *Europace*. – 2009. – Vol. 1. – P. 771–817.
7. Макаров, Л.М. Национальные российские рекомендации по применению методики холтеровского мониторирования в клинической практике / Л. М. Макаров. – М., 2013. – 198 с.
8. Kihel, J. Long-term efficacy and safety of radiofrequency ablation in elderly patients with atrioventricular nodal re-entrant tachycardia / J. Kihel [et al.] // *Europace*. – 2006. – Vol. 8. – P. 416–420.
9. Falco, C.N. Successful improvement of frequency and symptoms of premature complexes after oral magnesium administration / C.N. Falco [et al.] // *Arg. Bras. Cardiol.* – 2012 Jun. – Vol. 98, № 6. – P. 480–487.
10. Манак, Н.А. Руководство по кардиологии / Н.А. Манак и др. // Мн.: Беларусь, 2003. – 624 с.
11. Гаврилова, Е.А. Физические нагрузки и ЭКГ. Современный взгляд / Е.А. Гаврилова // *Материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 50-летию кафедры спортивной медицины «Лечебная физкультура и спортивная медицина: достижения и перспективы развития»*. 22–23 мая 2019. Отв. ред. А.Б. Мирошников, Т.В. Новикова. – М.: РГУФКСМиТ. – С. 176–185.
12. Guzik T.J. COVID-19 and the cardiovascular system: implications for risk assessment, diagnosis, and treatment options / T.J. Guzik, S.A. Mohiddin, A. Dimarco et al. // *Cardiovasc Res* 2020;
13. Tavazzi G. Myocardial localization of coronavirus in COVID-19 cardiogenic shock / G. Tavazzi, C. Pellegrini, M. Maurelli et al. // *Eur J Heart Fail* 2020;22:911–915.
14. Doyen D. Myocarditis in a patient with COVID-19: a cause of raised troponin and ECG changes / D. Doyen, P. Moceri, D. Ducreux et al. // *Lancet* 2020;395:1516.
15. Wichmann D. Autopsy findings and venous thromboembolism in patients with covid-19: a prospective cohort study / D. Wichmann, J.P. Sperhake, M. Lutgehetmann et al. // *Ann Intern Med* 2020; DOI:10.7326/M20-2003.
16. Wenzel, P. Evidence of SARS-CoV-2 mRNA in endomyocardial biopsies of patients with clinically suspected myocarditis tested negative for COVID-19 in nasopharyngeal swab / P. Wenzel, et al. // *Cardiovasc Res*. 2020 Aug 1;116(10):1661-1663. DOI: 10.1093/cvr/cvaa160. PMID: 32562489
17. Дабровски А. Суточное мониторирование ЭКГ / А. Дабровски, Б. Дабровски, Р. Пиотрович. М.: Медпрактика. – 1998. – 208 с.
18. Voigt A. Cardiac magnetic resonance imaging in dilated cardiomyopathy in adults--towards identification of myocardial inflammation / A. Voigt et al. // *Eur. Radiol.* – 2011. – Vol. 21, № 5. – P. 925–935.
19. Röttgen R. Magnetic resonance imaging findings in acute myocarditis and correlation with immunohistological parameters / R. Röttgen et al. // *Eur. Radiol.* – 2011. – Vol. 21, № 6. – P. 1259–1266.
20. Добрых В. А. Хронобиологические характеристики наджелудочковой экстрасистолы предшествующей пароксизму фибрилляции предсердий / В. А. Добрых, А. Г. Еремеев, Т. К. Тен и др. // *Дальневосточный медицинский журнал*. – 2014. – № 1. – С. 6.
21. Dewide W. For the WOEST study investigators. Use of clopidogrel with or without aspirin in patients taking oral anticoagulant therapy and undergoing percutaneous coronary intervention: an open-label, randomized, controlled trial / W. Dewide, T. Oirbans, F. Verheugt et al. // *Lancet*. – 2013. – Vol. 381. – P. 1107–1115.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Huikuri, H.V. Sudden death due to cardiac arrhythmias / H.V. Huikuri [et al.] // *N. Engl. J. Med.* – 2001. – Vol. 345, № 20. – P. 321–323.
2. Vishnevskij, A.I. Smertnost' ot boleznej sistemy krovoobrashhenija i prodolzhitel'nost' zhizni v Rossii [Deathrate of circulatory diseases and life expectancy in Russia] / A.I. Vishnevskij et al. // *Demograficheskoe obozrenie*. [Demographic review] – 2016. – Vol. 3, № 1. – p. 6–34. [in Russian]
3. Brjanceva, O.V. Aritmicheskij sindrom kak klinicheskoe projavlenie processov prezhdvremennogo starenija [Cardiac arrhythmia syndrome as clinical implications of premature aging] / O.V. Brjanceva // *Fundamental'nye issledovanija*. [Fundamental research] – 2012. – № 2. – P. 263–266. [in Russian]
4. Makarov, L.M. Kholterovskoe monitorirovanie [Holter monitoring] (3rd edition) / L.M. Makarov. – М.: Medpraktika. [Medical experience]– М, 2008. – 456 p. [in Russian]
5. Bokerija, L.A. Magnitno-rezonansnaja tomografija v diagnostike patologicheskikh izmenenij miokarda nekoronarogennogo kharaktera u detej i podrostkov s zheludochkovoj ehkstrasistoliej [Magnetic resonance imaging in diagnosing pathological changes of the non-coronary myocardium of the children and adolescents with ventricular extrasystole] / L.A. Bokerija, V.N. Makarenko, L.A. Jurpol'skaja // *Annaly aritmologii* [Annals of Arrhythmology] – 2013. – Vol. 10, № 3. – p. 124–131. [in Russian]
6. Aliot, E.M. EHRA/HRS expert consensus on catheter ablation of ventricular arrhythmias / E.M. Aliot [et al.] // *Europace*. – 2009. – Vol. 1. – P. 771–817.
7. Makarov, L.M. Nacional'nye rossijskie rekomendacii po primeneniju metodiki kholterovskogo monitorirovanija v klinicheskijj praktike [National Russian recommendations to Holter monitoring in medical practice] / L. M. Makarov. // – М., 2013. – 198 p. [in Russian]
8. Kihel, J. Long-term efficacy and safety of radiofrequency ablation in elderly patients with atrioventricular nodal re-entrant tachycardia / J. Kihel [et al.] // *Europace*. – 2006. – Vol. 8. – P. 416–420.

9. Falco, C.N. Successful improvement of frequency and symptoms of premature complexes after oral magnesium administration / C.N. Falco [et al.] // Arg. Bras. Cardiol. – 2012 Jun. – Vol. 98, № 6. – P. 480–487.
10. Manak, N.A. Rukovodstvo po kardiologii [Cardiology guide] / N.A. Manak et al. Mn.: Belarus', 2003. – 624 p. [in Russian]
11. Gavrilova, E.A. Fizicheskie nagruzki i EhKG. Sovremennyj vzgljad [Physical exercise and electrocardiography. Modern view] / E.A. Gavrilova // Materialy VIII Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem, posvjashhennoj 50-letiju kafedry sportivnoj mediciny «Lechebnaja fizkul'tura i sportivnaja medicina: dostizhenija i perspektivy razvitiya». [Materials VII All-Russia scientific and practical conference with international participation dedicated to the 50th anniversary of Sports Medicine Department «Exercise therapy and sports medicine: achievements and possibilities»] 22–23 May 2019. Edited by A.B. Miroshnikov, T.V. Novikova – M.: Russian State University Of Physical Education, Sport, Youth And Tourism (Scolipe). – pp. 176–185. [in Russian]
12. Guzik T.J. COVID-19 and the cardiovascular system: implications for risk assessment, diagnosis, and treatment options / T.J. Guzik, S.A. Mohiddin, A. Dimarco et al. // Cardiovasc Res 2020;
13. Tavazzi G. Myocardial localization of coronavirus in COVID-19 cardiogenic shock / G. Tavazzi, C. Pellegrini, M. Maurelli et al. // Eur J Heart Fail 2020;22:911–915.
14. Doyen D. Myocarditis in a patient with COVID-19: a cause of raised troponin and ECG changes / D. Doyen, P. Mocer, D. Ducreux et al. // Lancet 2020;395:1516.
15. Wichmann D. Autopsy findings and venous thromboembolism in patients with covid-19: a prospective cohort study / D. Wichmann, J.P. Sperhake, M. Lutgehetmann et al. // Ann Intern Med 2020; DOI:10.7326/M20-2003.
16. Wenzel, P. Evidence of SARS-CoV-2 mRNA in endomyocardial biopsies of patients with clinically suspected myocarditis tested negative for COVID-19 in nasopharyngeal swab / P. Wenzel, et al. // Cardiovasc Res. 2020 Aug 1;116(10):1661-1663. DOI: 10.1093/cvr/cvaa160.PMID: 32562489
17. Dabrovski A. Sutochnoe monitorirovanie EhKG [24-hour Holter monitoring] / A. Dabrovski, B. Dabrovski, R. Pitorovich // M.: Medical Experience.– 1998.– 208 p. [in Russian]
18. Voigt A. Cardiac magnetic resonance imaging in dilated cardiomyopathy in adults--towards identification of myocardial inflammation / A. Voigt et al. // Eur. Radiol.– 2011.– Vol. 21, № 5.– P. 925–935.
19. Röttgen R. Magnetic resonance imaging findings in acute myocarditis and correlation with immunohistological parameters / R. Röttgen et al. // Eur. Radiol.– 2011.– Vol. 21, № 6.– P. 1259–1266.
20. Dobrykh V. A. Khronobiologicheskie kharakteristiki nadzheludochkovoy ehkstrasistolii predshestvujushhejj paroksizmu fibrilljacii predserdijj [Chronobiological characteristics of supraventricular arrhythmia preceding paroxysm of atrial fibrillation] / V. A. Dobrykh, A. G. Ereemeev, T. K. Ten et al. // Dal'nevostochnyj medicinskij zhurnal. [Far East Medical Journal] – 2014.– № 1.– P. 6. [in Russian]
21. Dewide W. For the WOEST studi investigators. Use of clopidogrel with or without aspirin in patients taking oral anticoagulant therapy and under going percutaneous coronary intervention: an open-label, randomized, controlled trial / W. Dewide, T. Oirbans, F. Verheugt et al. // Lancet. – 2013. – Vol. 381. – P. 1107–1115.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2021.113.11.060>**АНАЛИЗ ВСТРЕЧАЕМОСТИ ПРИЗНАКОВ ДИСФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ
ВИСОЧНО-НИЖНЕЧЕЛЮСТНОГО СУСТАВА У ЛИЦ МОЛОДОГО ВОЗРАСТА**

Научная статья

Головатенко О.В.¹, Шевкунова Н.А.^{2,*}, Хусайнов А.И.³² ORCID: 0000-0002-2540-331X;^{1, 2, 3} Ижевская государственная медицинская академия, Ижевск, Россия

* Корреспондирующий автор (shevkunova.natalia[at]mail.ru)

Аннотация

Изучена частота встречаемости признаков и симптомов дисфункции височно-нижнечелюстных суставов (ВНЧС), влияние окклюзионных препятствий на активность жевательных мышц у лиц молодого возраста с сохраненными зубными рядами и отсутствием соматической патологии. Установлено, что в 90,6% случаев наблюдались дисфункциональные расстройства ВНЧС с такими признаками как боль или скованность в области головы и шеи (61,5%), звуки (скрипы, щелчки, скрежет) в одном или обоих суставах при жевании и открывании рта (47,9%), отоларингологические проявления, заложенность ушей, першение и жжение в горле, головокружение и шум в ушах (26,0%).

Данные электромиографии активности жевательных мышц пациентов с окклюзионными препятствиями показали асинхронное сокращение при «протрузии/ретрузии» и «открывании/закрывании», повышенную электрическую активность височной мышцы на противоположной стороне в пробе «медиотрузия справа/слева», которая составляла $111,5 \text{ мкВ} \pm 27,1$. После воссоздания клыкового ведения тонус височной мышцы противоположной стороне патологии снижался до $75 \text{ мкВ} \pm 19,3$ ($p < 0,05$).

Полученные результаты показывают высокую распространенность дисфункциональных нарушений у лиц молодого возраста, влияние окклюзионных препятствий на мышечный тонус и увеличение симптомов дисфункции ВНЧС.

Ключевые слова: дисфункция, височно-нижнечелюстной сустав, окклюзия, электромиография.**AN ANALYSIS OF THE OCCURRENCE OF SIGNS OF TEMPOROMANDIBULAR DISORDERS
IN YOUNG PEOPLE**

Research article

Golovatenko O.V.¹, Shevkunova N.A.^{2,*}, Khusainov A.I.³² ORCID: 0000-0002-2540-331X;^{1, 2, 3} Izhevsk State Medical Academy, Izhevsk, Russia

* Corresponding author (shevkunova.natalia[at]mail.ru)

Abstract

The current study explores the frequency of signs and symptoms of temporomandibular disorder (TMD), the effect of occlusive obstacles on the activity of masticatory muscles in young people with preserved dentition and the absence of somatic pathology. The authors find that in 90.6% of cases there were dysfunctional TMJ disorders with signs such as pain or stiffness in the head and neck (61.5%), sounds (squeaks, clicks, grinding) in one or both joints when chewing and opening the mouth (47.9%), otolaryngological manifestations, stuffy ears, tickling and burning in the throat, dizziness and tinnitus (26.0%).

Electromyography data on the activity of the masticatory muscles of patients with occlusive obstacles showed asynchronous contraction during "protrusion/retrusion" and "opening/closing", increased electrical activity of the temporal muscle on the opposite side in the "right/left mediotrusion" sample, which was $111.5 \text{ mv} \pm 27.1$. After the reconstruction of canine guidance, the tone of the temporal muscle on the opposite side of the pathology decreased to $75 \text{ mv} \pm 19.3$ ($p < 0,05$).

The results obtained show a high prevalence of dysfunctional disorders in young people, the effect of occlusive obstacles on muscle tone and an increase in symptoms of TMD.

Keywords: dysfunction, temporomandibular joint, occlusion, electromyography.**Введение**

В настоящее время отмечается значительный рост распространенности дисфункциональных состояний ВНЧС [4]. Согласно отечественных литературных данных частота признаков патологии ВНЧС среди населения варьирует от 28% до 76% [5], [6], зарубежные исследователи установили, что 40-60% популяции имеет, как минимум, один выявляемый признак, связанный с дисфункцией ВНЧС [8]. Дисфункциональные состояния часто встречаются и в молодом возрасте, что связано с широким распространением ортодонтического лечения, вызывающего в некоторых случаях глубокую перестройку зубочелюстной системы [7], влияние постуральной системы (нарушение осанки и деформации позвоночника) на проявление признаков патологии ВНЧС [2].

При данной патологии в процесс вовлекаются различные структуры (мышцы, зубы и ВНЧС), что вызывает разнообразие симптомов и признаков дисфункции, вызванных такими факторами как окклюзионные нарушения, травмы челюстно-лицевой области, эмоциональный стресс и парафункциональная активность мышц челюстно-лицевой области [8].

Исследования показывают, что окклюзионные нарушения являются ведущим этиологическим фактором дисфункции ВНЧС, когда преждевременные контакты изменяют функциональное состояние мышц челюстно-лицевой области [1], [3], [9].

Цель: определить частоту встречаемости признаков и симптомов дисфункции ВНЧС у лиц молодого возраста, учесть влияние окклюзионных препятствий на активность жевательных мышц.

Методы и принципы исследования

Для определения частоты встречаемости признаков и симптомов дисфункциональных состояний ВНЧС (окклюзионно-мышечных или внутрисуставных) была разработана специальная анкета, состоящая из 16 вопросов, большинство которых направлено на определение факторов вызывающих развитие признаков дисфункции: недостаток жевательных зубов, ортодонтическое лечение в анамнезе, наличие нарушений осанки и деформаций позвоночника. В анкетировании и клиническом обследовании приняло участие 96 человек (62 девушки и 34 юноши) в возрасте от 17 до 26 лет. Из исследования были исключены лица с дефектами зубного ряда (6 человек) и хроническими заболеваниями: желудочно-кишечного тракта (3 человека), сердечно-сосудистой системы (2), эндокринными нарушениями (1 человек). Клиническое обследование проводилось традиционно на базе Стоматологической клиники Ижевской государственной медицинской академии г. Ижевска. Участие пациентов в проведенном исследовании было добровольным (с заполнением информированного согласия на проведение стоматологического обследования). В результате клинического обследования была сформирована группа из 10 человек с латеротрузионными и медиатрузионными мешающими контактами при динамической окклюзии. Этим пациентам моделировали клыковое ведение путем наращивания клыков композитным пломбировочным материалом таким образом, чтобы устранялись мешающие контакты. Электромиографию жевательных мышц с использованием четырехканального адаптивного электромиографа «Синапсис» (Нейротех) проводили по стандартной методике до и после наложения пломбировочного материала.

Статистическую обработку материала производили с использованием программного пакета Microsoft Office Excel 2007. Рассчитывались среднеарифметические значения количественных показателей, представленных в тексте в виде $M \pm m$, где M - среднее выборочное, m - ошибка средней. Статистическая значимость результатов для сравнения качественных переменных оценивалась при помощи критерия Фишера, а количественных – при помощи t-критерия Стьюдента для парных измерений и теста Стьюдента для независимых выборок. Во всех процедурах статистического анализа рассчитывался достигнутый уровень значимости (p). Величину уровня значимости принимали равной 0,05, что соответствует критериям, принятым в медико-биологических исследованиях.

Основные результаты

По результатам анкетирования и клинического обследования у 90,6% респондентов отмечался хотя бы один симптом дисфункционального расстройства ВНЧС. Среднее количество положительных ответов, характеризующих признаки дисфункции было значительно больше среди лиц женского пола и составляло $3,8 \pm 0,28$, чем в группе мужчин - $2,5 \pm 0,35$ ($p < 0,01$). Полученные результаты детализации области дискомфорта или боли приведены на рис.1., из которого видно, что наиболее частым признаком была боль, скованность в области головы и шеи, которую отмечали 58 обследованных (61,5%).

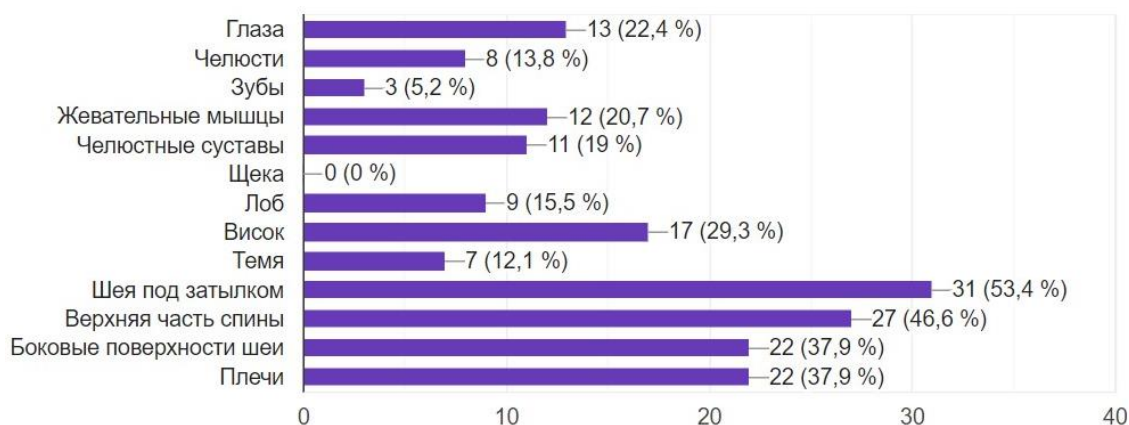


Рис. 1 – Показатели локализации боли, дискомфорта, скованности в области головы и шеи у лиц молодого возраста

Распределение по частоте встречаемости было следующим: боль или дискомфорт в области шеи под затылком испытывали 53,3% обследованных, верхней части спины - 46,6%, боковых поверхностей шеи - 37,9%, плеч - 37,9%, висков - 29,3%, глаз - 22,4% и жевательных мышц - 20,7%.

Известно, что одним из признаков внутрисуставной дисфункции являются звуки (скрипы, щелчки, скрежет) в одном или обоих суставах при жевании и открывании рта, что отметили у себя 47,9% человек. Также в клинической картине функциональных нарушений ВНЧС присутствовали и отоларингологические проявления, заложенность ушей, першение и жжение в горле, головокружение и шум в ушах, на которые указали 26,1% опрошенных. Утренняя головная боль наблюдалась у 37,5% респондентов, привычка сжимать зубы в течение дня у 34,4%, боль при открывании рта в 31,3% случаев. Реже встречались такие симптомы как привычка скрежетать зубами ночью - 14,6%, отклонение челюсти в сторону при открывании рта - 14,6%, чувство усталости, скованности в жевательных мышцах по утрам - 12,5%, затруднения при открывании рта - 11,5%, эпизоды «заклинивания» челюсти - 11,5%.

Из анамнеза установлено, что ортодонтическое лечение проводилось у 19 человек (19,8%). В этой группе количество положительных ответов, касающихся признаков и симптомов дисфункции составляло $3,84 \pm 0,47$, что существенно не отличалось от показателей респондентов, не получавших такого лечения - $3,21 \pm 0,26$ ($p > 0,05$).

При анализе влияния постурального статуса на проявление признаков дисфункции установлено, что у обследуемых с нарушениями осанки и деформацией позвоночника ($n=47$) число положительных ответов было больше - $3,85 \pm 0,37$, чем у респондентов не имеющих таких нарушений - $2,84 \pm 0,26$ ($n=49$, $p<0,05$).

Оценка активности жевательных мышц пациентов с окклюзионными препятствиями по данным электромиографии (ЭМГ) показала асинхронное сокращение при «протрузии/ретрузии» и «открывании/закрывании». У всех обследуемых была выявлена повышенная электрическая активность височной мышцы на противоположной стороне в пробе «медиотрузия справа/слева», которая составляла в среднем $111,5 \text{ мкВ} \pm 27,1$. После воссоздания клыкового ведения тонус височной мышцы противоположной стороне патологии снизился в 1,5 раза у всех обследуемых и составил $75 \text{ мкВ} \pm 19,3$ ($p<0,01$).

Заключение

Таким образом, несмотря на молодой возраст, интактные зубные ряды, отсутствие соматической патологии симптомы и признаки дисфункции ВНЧС встречаются достаточно часто - 90,6% и сопровождаются болью или скованностью в области головы и шеи - 61,5%. Окклюзионные препятствия приводят к асинхронизации работы мышц и способствуют увеличению симптомов дисфункции ВНЧС.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Баданин В. В. Нарушение окклюзии - основной этиологический фактор в возникновении дисфункции височно-нижнечелюстного сустава / В. В. Баданин // Стоматология. – 2000. – № 1. – С. 51-54.
2. Гроева Ю.А. Особенности осанки детей 12-15 лет с дисфункцией височнонижнечелюстного сустава / Ю. А. Гроева, Л. С. Персин, И. А. Ягублу // Лечение и профилактика. – 2014. – №1(9). – С.73-79.
3. Кречина Е. К. Электромиографическая оценка функционального состояния височных и жевательных мышц у пациентов с тесным положением фронтальных зубов при разной окклюзии / Е. К. Кречина, В. Т. Лисовская, И. В. Погабало // Стоматология. – 2010. – № 3. – С. 69-71.
4. Потапов В. П. Системный подход к обоснованию новых методов диагностики и комплексному лечению заболеваний височно-нижнечелюстного сустава при нарушении функциональной окклюзии / В. П. Потапов : дисс. докт. мед. наук. Самара. 2010. – 247с.
5. Прозорова Н. В. Электромиография – как объективный метод анализа функционального состояния зубочелюстной системы / Н. В. Прозорова, А. В. Кириллова, Т. А. Гирина // Новые Санкт-Петербургские врачебные ведомости. – 2017. – № 2. – С.56-58.
6. Хватова В. А. Заболевания височно-нижнечелюстного сустава. – М.: Медицина. – 1982. – 160 с.
7. Щербаков А. С. Изучение распространенности и диагностика функциональных нарушений ВНЧС у лиц молодого возраста / А. С. Щербаков, И. В. Петрикас, В. И. Буланова // Институт стоматологии. – 2013. – № 1. – С. 18-19.
8. Okeson J. P: Management of Temporomandibular Disorders and Occlusion / J. P: Okeson. 8th Edition. – 2019. – 512 p.
9. Williamson E. H. Anterior guidance: its effect on electromyographic activity of the temporal and masseter muscles / E. H. Williamson, D. O. Lundquist // J Prosthet Dent. – 1983. – № 49 (6). – P.816–823.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Badanin V. V. Narushenie okkljuzii - osnovnoj ehtiologicheskijj faktor v vozniknovenii disfunkcii visochno-nizhnecheljustnogo sustava [Occlusion disorder is the main etiological factor in the occurrence of temporomandibular joint dysfunction] / V. V. Badanin // Stomatologiya [Dentistry]. - 2000. - No. 1. - pp. 51-54 [in Russian]
2. Gioeva Yu.A. Osobennosti osanki detejj 12-15 let s disfunkciej visochnonizhnecheljustnogo sustava [Features of the posture of children 12-15 years old with dysfunction of the temporomandibular joint] / Yu. A. Gioeva, L. S. Persin, I. A. Yagublu // Lechenie i profilaktika [Treatment and prevention]. – 2014. – №1(9). – pp.73-79 [in Russian]
3. Krechina E. K. Ehlektromiograficheskaja ocenka funkcional'nogo sostojanija visochnykh i zhevatel'nykh myshc u pacientov s tesnym polozheniem frontal'nykh zubov pri raznoj okkljuzii [Electromyographic assessment of the functional state of the temporal and masticatory muscles in patients with a close position of the frontal teeth with different occlusion] / E. K. Krechina, V. T. Lisovskaya, I. V. Pogabalo // Stomatologiya [Dentistry]. - 2010. - No. 3. - pp. 69-71 [in Russian]
4. Potapov V. P. Sistemnyj podkhod k obosnovaniju novykh metodov diagnostiki i kompleksnomu lecheniju zabolevanij visochno-nizhnecheljustnogo sustava pri narushenii funkcional'noj okkljuzii [A systematic approach to substantiating new diagnostic methods and complex treatment of diseases of the temporomandibular joint in violation of functional occlusion] / V. P. Potapov: Doctor's thesis. Samara. 2010. – 247 p. [in Russian]
5. Prozorova N. V. Ehlektromiografija – kak ob'ektivnyj metod analiza funkcional'nogo sostojanija zubocheeljustnoj sistemy [Electromyography - as an objective method of analyzing the functional state of the dental system] / N. V. Prozorova, A. V. Kirillova, T. A. Gilina // Novye Sankt-Peterburgskie vrachebnye vedomosti [New St. Petersburg medical records]. - 2017. - No. 2. - pp.56-58 [in Russian]
6. Khvatova V. A. Zabolevanija visochno-nizhnecheljustnogo sustava [Diseases of the temporomandibular joint] / V. A. Khvatova. - M.: Medicine. - 1982. - 160 p. [in Russian]
7. Shcherbakov A. S. Izuchenie rasprostranennosti i diagnostika funkcional'nykh narushenij VNChS u lic mladogo vozrasta [Study of the prevalence and diagnosis of functional TMJ disorders in young people] / A. S. Shcherbakov, I. V. Petrikas, V. I. Bulanova // Institut stomatologii [Institute of Dentistry]. - 2013. - No. 1. - pp. 18-19 [in Russian]
8. Okeson J. P: Management of Temporomandibular Disorders and Occlusion / J. P: Okeson. 8th Edition. – 2019. – 512 p.
9. Williamson E. H. Anterior guidance: its effect on electromyographic activity of the temporal and masseter muscles / E. H. Williamson, D. O. Lundquist // J Prosthet Dent. – 1983. – № 49 (6). – P.816–823.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2021.113.11.061>**ЭФФЕКТИВНОСТЬ КИНЕЗИТЕРАПИИ
ПРИ ОРТОПЕДИЧЕСКОЙ ПАТОЛОГИИ КРУПНЫХ СУСТАВОВ**

Научная статья

Шеколова Н.Б.^{1,*}, Ладейщиков В.М.², Козюков В.Г.³, Токарев А.Е.⁴, Ненахова Я.В.⁵
^{1, 2, 3, 4, 5} Пермский государственный медицинский университет им. академика Е.А. Вагнера, Пермь, Россия

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

Аннотация

Цель исследования: изучить эффективность силовой механотерапии (кинезитерапии) у пациентов с коксартрозом и гонартрозом.

Материалы и методы. Изучено 48 человек с дегенеративно-дистрофическими заболеваниями тазобедренного и коленного суставов I-II стадии. Мужчин было 15 человек, женщин – 33. Средний возраст мужчин составлял 55,2 года, женщин – 42,6 года. Клинически и рентгенологически коксартроз был диагностирован у 18 человек, гонартроз – у 30 человек. Доказали эффективность проведения курса кинезитерапии при ортопедической патологии крупных суставов по оценке динамики болевого синдрома, индекса массы тела, психоэмоциональных нарушений.

Ключевые слова: кинезитерапия, коксартроз, гонартроз, болевой синдром, индекс массы тела, вегетативная дисфункция.

THE EFFECTIVENESS OF KINESITHERAPY IN ORTHOPEDIC PATHOLOGY OF MAJOR JOINTS

Research article

Shchekolova N.B.^{1,*}, Ladeyshchikov V.M.², Kozyukov V.G.³, Tokarev A.E.⁴, Nenakhova Ya.V.⁵
^{1, 2, 3, 4, 5} Perm State Medical University named after Academician E. A. Wagner, Perm, Russia

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

Abstract

The article aims to study the effectiveness of kinesitherapy in patients with coxarthrosis and gonarthrosis.

Materials and methods. The study involved 48 people with degenerative-dystrophic diseases of the hip and knee joints at stages I-II, 15 males and 33 females. The average age of men was 55.2 years, in women the average age amounted to 42.6 years. Clinically and radiologically, coxarthrosis was diagnosed in 18 people, while gonarthrosis was diagnosed in 30 people. The study proves the effectiveness of the course of kinesitherapy in orthopedic pathology of major joints by assessing the dynamics of pain syndrome, body mass index, and psychoemotional disorders.

Keywords: kinesitherapy, coxarthrosis, gonarthrosis, pain syndrome, body mass index, autonomic dysfunction.

Введение

Ортопедическая патология крупных суставов требует постоянного внимания врачей различных медицинских направлений (ортопедов, реабилитологов, терапевтов). Остается актуальной проблема прогрессирования коксартроза и гонартроза в современных условиях двигательного дефицита у населения. Необходима ликвидация боли и мышечно-тонических нарушений [1], [2], [4], [5].

Формирование боли при ортопедической патологии крупных суставов связано с биомеханическими изменениями и вегетативной дисфункцией. Необходима разработка адекватной реабилитационной программы при начальных проявлениях заболеваний [6], [7], [8].

При консервативном лечении ортопедических заболеваний крупных суставов применяются хондропротекторы, миорелаксанты, витамины, санаторно-курортное лечение. Используется лечебная физическая культура и массаж, добиваясь общего укрепления организма, увеличения работоспособности, совершенствования структуры движений. Особые упражнения, направленные на нормализацию состояния мышц с учетом адаптивных механизмов системы движения, являются сутью кинезитерапии (силовой механотерапии) [9], [10].

Цель работы: изучить эффективность силовой механотерапии (кинезитерапии) при коксартрозе и гонартрозе.

Основные задачи исследования связывали с детализацией характера и динамики болевого синдрома, психоэмоциональных и клинических особенностей у человека при использовании курса силовой механотерапии (кинезитерапии) [11], [12], [13].

Работа посвящена оценке рациональности и направленности процесса физической реабилитации пациентов с патологией крупных суставов при применении современных модификаций силовой кинезитерапии [14], [15], [16].

Материалы и принципы изучения

Обследовано 48 человек с ортопедическими заболеваниями тазобедренного и коленного суставов I-II стадии. Мужчин было 15 человек, средний возраст составлял 55,2 года. Женщин – 33 человека, их средний возраст достигал 42,6 года. Ортопедическая патология тазобедренного сустава (коксартроз) была диагностирована у 18 человек, коленного сустава (гонартроз) – у 30 человек. Преобладали работники умственного труда – 31 человек, физическим трудом занимались 17 человек. У 37 человек выявляли соматическую патологию, представленную преимущественно болезнями желудочно-кишечного тракта, мочевыделительной системы и органов зрения. Диагностировали вегетативную дисфункцию у 41 человека.

Для определения индекса массы тела использовали прибор «Body Fat monitor BF 306» фирмы «OMRO». Интенсивность боли оценивали по шкале «ВАШ» и опроснику «Индекс существующей боли». Изучали динамику

психоэмоциональных нарушений по тесту Спилбергера-Ханина, а вегетативную дисфункцию по методике А.М.Вейна [11], [12].

Математическая обработка материалов исследования проводилась на персональном компьютере с использованием программных пакетов «Microsoft Excel 2007» и «Statistica 6.0». Применяли параметрические методы статистики с учетом характера распределения анализируемых величин. Оценивали среднее значение и стандартное отклонение. Количественные признаки с нормальным распределением в работе представлены в виде $M \pm \sigma$, где M – среднее арифметическое, σ – среднее квадратичное отклонение. Достоверность средних величин определялась по t-критерию Стьюдента. Различия между выборками считались статистически достоверными при значении для $p < 0,05$.

Основные результаты исследования

Все изученные больные отмечали боли в тазобедренных, коленных, голеностопных и плечевых суставах. По опроснику «Индекс существующей боли» слабая боль была отмечена у 8 человек, дискомфортная – у 18. «Боль, приводящую к стрессу», отметили 19 человек. «Ужасную» боль отметили 2, а «невыносимую» – 1 человек.

По шкале боли («ВАШ») средний уровень интенсивности боли среди всех изученных больных составил $7,4 \pm 0,05$ балла. Сильная боль у 22 человек достигала $9,2 \pm 0,01$ балла. У 21 человека была средняя интенсивность боли $6,05 \pm 0,01$ балла. Низкая интенсивность боли у 5 человек достигала $3,1 \pm 0,01$ балла. На фоне мышечных нарушений у 17 человек интенсивность болевого синдрома в суставах усиливалась. Мышечную гипертонию выявляли у 6 человек, мышечную гипотонию – у 11 человек. Боли сохранялись в покое и приводили к нарушению походки.

Разницу в длине конечностей малой величины и асимметрию таза диагностировали у 20 человек.

При обследовании было установлено, что больных с мышечно-тоническими проявлениями коксартроза чаще регистрировали среди работников физического труда. Факторами, влияющими на формирование патологии опорно-двигательного аппарата у этих больных, считали поднятие и перемещение тяжести, частые и глубокие наклоны туловища во время работы, неудобную рабочую позу, переохлаждение. Рентгенологически у них выявляли остеосклероз, изменения хряща, остеофиты. У работников умственного труда отмечали нарушения объема движений в плечевых суставах, констатировали асимметрию таза, плоскостопие, нарушения осанки, сколиоз. При лучевых исследованиях выявлялся не только артроз, но и кисты в суставах [17], [18].

При физической реабилитации улучшения функций суставов связывали с релаксацией и укреплением мышц.

Первоначально воздействовали на мышцы ног и рук, затем пресса и спины. Нагрузку постепенно увеличивали. Чередовали упражнения с воздействием на мышцы плечевого пояса и рук с упражнениями для мышц ног. Использовали тренажер «Leg Press», проводя жим бедрами сидя, достигая нормализации периферического кровообращения в области крупных скелетных мышц ног. При работе на тренажере «Rotary Calf» осуществлялся жим икроножными мышцами и происходила активация кровообращения в дистальных отделах ног. Тренажер «Delts Machine» использовался для улучшения работы дельтовидных мышц. Упражнения на тренажере «Chest Press», сидя жим от груди, обычно оптимизировали работу сердечно-сосудистой и дыхательной систем. Для активизации работы мышц верхних конечностей использовался тренажер «Vertical Traction». На тренажере «Upper Back» выполнялось упражнение по имитации гребли. Улучшал состояние мышц передней и медиальной поверхности бедер тренажер «Leg Extension» (махи ногами вперед). Мышцы задней поверхности бедра нагружал тренажер «Leg Curl» (махи ногами назад). Чередование нагрузок на переднюю и заднюю поверхность бедра с вовлечением в работу ягодичных мышц способствовало нормализации циркуляции. Заключительный тренажер «Lat Machine» действовал на широчайшую мышцу спины, позволяя активизировать работу дыхательной системы. Завершали физическую тренировку ходьбой [10].

У пациентов через 2 месяца после курса лечения отмечена положительная динамика основных изучаемых показателей. Значимо изменился индекс массы тела. Средний уровень показателя индекса массы тела уменьшился с $26,8 \pm 0,5$ до $21,54 \pm 0,15$. Уменьшилась интенсивность боли. Через два месяца средний показатель боли достигал лишь $1,01 \pm 0,01$ балла. Отмечалась положительная динамика ортопедических нарушений. Асимметрия длины конечностей сократилась на 40,8%, составляя $0,62 \pm 0,11$ см. Практически была ликвидирована вегетативная дисфункция.

Отмечена положительная динамика психоэмоциональных показателей по тесту Спилбергера-Ханина. Ситуативная тревожность у пациентов перед началом лечения и тренировок составляла $44,8 \pm 3,1$ балла, а затем уровень ситуационной тревожности понизился до $32,5 \pm 2,1$ балла. Первоначально уровень личностной тревожности достигал $36,7 \pm 5,3$ балла. После курса кинезитерапии уровень личностной тревожности практически не изменился, составляя $37,0 \pm 4,9$ балла.

Преобладание высокого уровня ситуационной тревожности в отличие от личностной является объяснимым. Интерпретация данного факта возможна в рамках теоретических представлений о функциональных системах организма [11], [12]. Кинезитерапия снижала уровень ситуационной тревожности. Уровень личностной тревожности не менялся, поскольку данная характеристика относится к разряду стабильных особенностей организма человека.

При оценке уровня вегетативных расстройств по опроснику выяснилось, что у изученных пациентов перед началом курса кинезитерапии имела выраженная вегетативная дисфункция, это свидетельствовало о перенапряжении деятельности нервной вегетативной системы. Так, уровень самооценки вегетативных расстройств по опроснику достигал $36,8 \pm 4,1$ балла, что значительно превышало порог нормы (15 баллов). После курса физических упражнений уровень самооценки вегетативных расстройств достоверно снизился до $21,3 \pm 3,3$ балла. Уровень самочувствия перед курсом физических упражнений составлял $36,1 \pm 2,3$ балла. После курса лечения уровень самочувствия резко повысился и составил $46,2 \pm 3,9$ балла. Уровень активности до курса кинезитерапии соответствовал уровню настроения в тот же период и составлял $35,3 \pm 3,5$ балла. После курса лечения уровень активности значительно вырос, а уровень настроения повысился, но не достиг статистически значимых отличий.

Оценка влияния курса кинезитерапии на уровень самочувствия, настроения и активности показала, что статистически достоверно увеличивались уровни самооценки самочувствия и активности. Позитивная динамика наблюдалась в отношении уровня вегетативных дисфункций. У пациентов нормализовался цикл сон-бодрствование

Данные обследования свидетельствовали о положительном влиянии курса силовой механотерапии на функциональное состояние организма человека. Оптимизация функционального состояния проявлялась в статистически достоверном снижении уровня ситуационной (реактивной) тревожности, повышении уровня самочувствия, активности и достоверном снижении уровня вегетативных дисфункций [2], [3].

Заключение

Комплексное применение физических нагрузок при адекватно подобранном режиме тренировки являлось современной высоко эффективной технологией медицинской реабилитации, что подтверждалось динамикой основных клинических и функциональных изменений при коксартрозе и гонартрозе I-II стадий. У пациентов снижалась интенсивность боли, уменьшалась выраженность ортопедических и психоэмоциональных нарушений. Доказательная база математических данных подтверждала значимость кинезитерапии при патологии суставов.

Благодарности

Авторы выражают благодарность руководителю центра кинезитерапии «Куи и Кук» в г.Перми Игорю Ивановичу Кук за помощь в обеспечении проведения исследования.

Acknowledgement

The authors would like to express their gratitude to Igor Ivanovich Kuk, the director of the "Kui i Kuk" kinesitherapy center in the city of Perm, for aiding the research.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Насонова В.А. Медико-социальные проблемы хронических заболеваний суставов и позвоночника / В.А. Насонова, О.М. Фоломеева // Терапевтический архив 2000; 5(72): 5-8.
2. Щеколова Н.Б. Клинико-функциональное обоснование эффективности кинезитерапии при ортопедической патологии / Н.Б. Щеколова, В.Г. Козюков, А.Л. Таскаев // Уральский медицинский журнал. 2015; 5: 80-84.
3. Щеколова Н.Б. Возможности немедикаментозной коррекции болевого синдрома и ортопедических нарушений при дегенеративно-дистрофических изменениях позвоночника / Н.Б. Щеколова, А.Л. Таскаев // Пермский медицинский журнал. 2015; 4(32): 25-30.
4. Берглезов М.А. Остеоартроз (этиология, патогенез) / М.А. Берглезов, Т.М. Андреева // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н.Приорова. 2006; 4: 79-7.
5. Кирюхин В.Ю. Задачи управления напряжениями в актуальных проблемах биомеханики / В.Ю. Кирюхин, Ю.И. Няшев // Российский журнал биомеханики 2005; 4: 9-25.
6. Creamer, P. Osteoarthritis pain and its treatment / P. Creamer // Curr. Opin Rheumatology 2000; 5(12): 450-5.
7. Хитров Н.А. Полиморфизм болевого синдрома при остеоартрозе, обезболивающая и противовоспалительная терапия / Н.А. Хитров // Трудный пациент 2011; 4 (9): 49-4.
8. Hochberg, M.C. Pharmacological therapy of osteoarthritis / M.C. Hochberg, M. Dougados, // Best Pract. Res. Clin. Rheumatology 2001; 15: 583-10.
9. Лытаев С.А. Адаптивные механизмы системы движения. Патогенетическое обоснование раннего восстановительного лечения ортопедо-травматологических больных / С.А. Лытаев, Ю.Н. Шанин, С.Б. Шевченко. Спб.: ЭЛБИ; 2011.
10. Кочеткова Е.Ф. Кинезитерапия в профилактике и реабилитации нестабильности шейного отдела позвоночника / Е.Ф. Кочеткова, О.Н. Опарина // Международный научно-исследовательский журнал. 2014; 3-4 (22): 97-3.
11. Белова А.Н. Шкалы, тесты и опросники в неврологии и нейрохирургии / А.Н. Белова. М., Антидор; 2004.
12. Вейн А.М. Вегетативные расстройства. Клиника, лечение, диагностика / А.М. Вейн. М., Медицинское информационное агентство; 2000.
13. Шейх-Заде Ю.Р. Альтернативный подход к оценке вариабельности сердечного ритма / Ю.Р. Шейх-Заде [и др.]. // Вестник аритмологии 2001; 22: 49-6.
14. Valhlensieck, M. MRI of the Musculoskeletal System / M. Valhlensieck, H.K. Genant, M. Reiser. Stuttgart: Thieme 2000; 394.
15. Якупов Р.Р. Состояние опорно-двигательной системы при хроническом функциональном перенапряжении у женщин – работниц агропромышленного комплекса / Р.Р. Якупов, С.И. Рахматуллин // Успехи современного естествознания 2008; 2: 35-3.
16. Мурахлямов Ф.Ю. Методика кардиореспираторной тренировки в комплексных программах медицинской реабилитации при хронической обструктивной болезни легких / Ф.Ю. Мурахлямов, М.Г. Сычева, М.А. Рассулова // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры 2015; 2 (92): 52-9.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Nasonova V.A., Folomeeva O.M. Mediko-social'nye problemy khronicheskikh zaboolevaniy sustavov i pozvonochnika. [Medical and social issues of chronic diseases of the joints and spine] / V.A. Nasonova, O.M. Folomeeva // Terapevticheskij arkhiv [Therapeutic archive] 2000; 5(72): 5-8. [in Russian]
2. Shhekolova N.B. Kliniko-funkcional'noe obosnovanie ehffektivnosti kineziterapii pri ortopedicheskoy patologii [Clinical and functional reasoning of the effectiveness of kinesitherapy of orthopedic pathology] / N.B. Shhekolova, V.G. Kozjukov, A.L. Taskaev // Ural'skij medicinskij zhurnal [Ural medical journal] 2015; 5: 80-84. [in Russian]

3. Shhekolova N.B. Vozmozhnosti nemedikamentoznoj korrekcii bolevogo sindroma i ortopedicheskikh narushenij pri degenerativno-distroficheskikh izmenenijakh pozvonochnika. [Capacity of the drug-free treatment of the pain syndrome and orthopedic disorders of the patients suffering from the degenerative-dystrophic changes of the spine] / N.B. Shhekolova, A.L. Taskaev // Permskij medicinskij zhurnal. [Perm medical journal] 2015; 4(32): 25-30 [in Russian]
4. Berglezov M.A. Osteoartroz (ehtilogija, patogenez). [Osteoarthritis (etiology, pathogenesis)] / M.A. Berglezov, T.M. Andreeva // Vestnik travmatologii i ortopedii im. N.N.Priorova [N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics] 2006; 4: 79-7. [in Russian]
5. Kirjukhin V.Ju., Njashev Ju.I. Zadachi upravlenija naprjazhenijami v aktual'nykh problemakh biomekhaniki. [The goals of voltage control as a pressing issue of biomechanics] / V.Ju. Kirjukhin, Ju.I. Njashev // Rossijskij zhurnal biomekhaniki [Russian Journal of Biomechanics] 2005; 4: 9-25. [in Russian]
6. Creamer, P. Osteoarthritis pain and its treatment / P. Creamer // Curr. Opin Rheumatology 2000; 5(12): 450-5.
7. Khitrov N.A. Polimorfizm bolevogo sindroma pri osteoartroze, obezbolivajushaja i protivovospalitel'naja terapija. [Polymorphism of the osteoarthritis pain syndrome, analgesic and anti-inflammatory therapy] / N.A. Khitrov // Trudnyj pacient [Difficult patient] 2011; 4 (9): 49-4. [in Russian]
8. Hochberg, M.C., Dougados, M. Pharmacological therapy of osteoarthritis. Best Pract. Res. Clin. Rheumatology 2001; 15: 583–10.
9. Lytaev S.A. Adaptivnye mekhanizmy sistemy dvizhenija. Patogeneticheskoe obosnovanie rannego vosstanovitel'nogo lechenija ortopedo-travmatologicheskikh bol'nykh. [Adaptive mechanisms of a motion system. Pathogenic reasoning of early rehabilitation treatment of orthopedic and traumatological patients] / S.A. Lytaev, Ju.N. Shanin, S.B. Shevchenko Spb.: ELBI; 2011. [in Russian]
10. Kochetkova E.F. Kineziterapija v profilaktike i reabilitacii nestabil'nosti shejnogo otdela pozvonochnika. [Kinesiotherapy in prevention and rehabilitation of the instability of the cervical spine] / E.F.Kochetkova, O.N. Oparina // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. [International research journal] 2014; 3-4 (22): 97-3. [in Russian]
11. Belova A.N. Shkaly, testy i oprosniki v nevrologii i nejjrokhirurgii. [Scales, tests and questionnaires in neurology and neurosurgery] / A.N. Belova M., Antidor; 2004. [in Russian]
12. Vejtn A.M. Vegetativnye rasstrojstva. Klinika, lechenie, diagnostika. [Autonomic dysfunction. Clinical findings, treatment, diagnosis] / A.M. Vejtn M., Medicinskoe informacionnoe agentstvo; 2000. [in Russian]
13. Shejkh-Zade Ju.R. Al'ternativnyj podkhod k ocenke variabel'nosti serdechnogo ritma. [Alternative approach to measuring heartbeat variability] / Ju.R. Shejkh-Zade [et al.] // Vestnik aritmologii [Journal of arrhythmology] 2001; 22: 49-6. [in Russian]
14. Valhlensieck, M. MRI of the Musculoskeletal System / M. Valhlensieck, H.K. Genant, M. Reiser. Stuttgart: Thieme 2000; 394.
15. Jakupov P.P. Sostojanie oporno-dvigatel'noj sistemy pri khronicheskom funkcional'nom perenaprjazhenii u zhenshin – rabotnic agropromyshlennogo kompleksa. [The state of the human musculoskeletal system of the female agribusiness employees suffering from chronic overexertion] / P.P. Jakupov, S.I. Rakhmatullin // Uspekhi sovremennogo estestvoznanija [Advances in current natural sciences] 2008; 2: 35-3. [in Russian]
16. Murakhljamov F.Ju. Metodika kardiorespiratornoj trenirovki v kompleksnykh programmakh medicinskoj reabilitacii pri khronicheskoi obstruktivnoj bolezni legkikh. [Procedure of cardiorespiratory fitness training as a part of complex medical rehabilitation program for the patients suffering from chronic obstructive pulmonary disease] / F.Ju.Murakhljamov, M.G. Sycheva, M.A. Rassulova // Voprosy kurortologii, fizioterapii i lechebnoj fizicheskoi kul'tury [Problems of Balneology, Physiotherapy and Exercise Therapy] 2015; 2 (92): 52-9. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2021.113.11.062>**КЛЕЕВАЯ БЕСТАМПОННАЯ ЭНДОСКОПИЧЕСКАЯ СЕПТОПЛАСТИКА**

Научная статья

Заргарян Б.М.¹, Литвинов С.Д.^{2,*}, Супильников А.А.³, Лепилин И.Н.⁴² ORCID: 0000-0001-7094-3870;³ ORCID: 0000-0002-1350-0704;¹ Городская больница, Рустави, Грузия;^{2, 3, 4} Медицинский университет «Реавиз», Самара, Россия

* Корреспондирующий автор (litar21[at]yandex.ru)

Аннотация

В настоящей статье авторы сообщают о разработке и внедрении в клиническую практику модифицированного способа септопластики с использованием сэндвич-имплантата, состоящего из пластинки костного цемента, с обеих сторон покрытой биорезорбируемым коллаген-апатитовым материалом «ЛитАр», импрегнированным наноразмерным серебром и латексного тканевого клея «ЛТК». Способ позволяет добиться стойкой фиксации имплантата к отсепарованным листкам слизистой оболочки перегородки носа с помощью клея и осуществлять безтампонное ведение послеоперационного периода с незначительными реактивными явлениями в полости носа. Композитный материал «ЛитАр» способствует новообразованию не только хрящевой и костной ткани, но и кровеносных сосудов. На послеоперационном этапе в значительной степени уменьшаются такие отрицательные проявления, как флотация и повторное искривление ПН (перегородки носа). К тому же, значительная адгезия имплантата к участкам мукоперихондрия способствует предотвращению возникновения кровотечения и формирования гематомы ПН. Преимущество предложенного имплантата заключается также в исключении вероятности возникновения атрофических явлений в слизистой оболочке перегородки носа.

Ключевые слова: септопластика, спредер-имплантат, материал «ЛитАр», наноразмерное серебро, костный цемент, латексный тканевый клей «ЛТК».

ADHESIVE-FREE ENDOSCOPIC SEPTOPLASTY

Research article

Zargaryan B.M.¹, Litvinov S.D.^{2,*}, Supilnikov A.A.³, Lepilin I.N.⁴² ORCID: 0000-0001-7094-3870;³ ORCID: 0000-0002-1350-0704;¹ City Hospital, Rustavi, Georgia;^{2, 3, 4} Reaviz Medical University, Samara, Russia

* Corresponding author (litar21[at]yandex.ru)

Abstract

The article describes the development and introduction of a modified method of septoplasty into clinical practice using a sandwich implant consisting of a plate of bone cement coated on both sides with bioresorbable collagen-apatite material "LitAr" impregnated with nanoscale silver and latex tissue glue. The method makes it possible to achieve stable fixation of the implant to the separated sheets of the nasal septum mucosa with glue and to carry out a postoperative period without a tampon with minor reactive phenomena in the nasal cavity. The composite material "LitAr" promotes neoplasm not only of cartilage and bone tissue but also of blood vessels. At the postoperative stage, such negative manifestations as flotation and repeated curvature of the nasal septum are significantly reduced. In addition, the significant adhesion of the implant to the areas of the mucoperichondrium helps prevent bleeding and the formation of hematoma of the nasal septum. The advantage of the proposed implant is also that it excludes the possibility of atrophic phenomena in the nasal septum mucosa.

Keywords: septoplasty, spreader implant, "LitAr" material, nanoscale silver, bone cement, latex tissue adhesive.

Введение

Современными принципами хирургии перегородки носа (ПН) являются максимальное сохранение, реконструкция и восстановление анатомической целостности утраченных структур перегородочного остова. Это обосновано стремлением оториноларингологов уменьшить риск развития послеоперационных осложнений, связанных в большей мере с агрессивными маневрами хирурга и излишним радикализмом по время операции [6], [14], [15]. Значимой проблемой восполнения анатомической целостности перегородочного остова является дефицит тканей, особенно при выраженной деформации, что часто встречается при травматическом повреждении носа. Важным является не только реконструкция ПН, но и фиксация воссозданного септального остова различными методами [20].

На сегодняшний день самой оптимальной методикой оперирования ПН признается тканевосполняющая, сущность которой заключается в том, что при ней используются основные принципы современной хирургии носа, т. е. полное анатомо-функциональное восстановление деформированных и утраченных структур. Однако при выраженном, сложном – с множественными линиями перелома - искривлении ПН не всегда удается сохранить достаточные по размеру и жесткости фрагменты хряща. Мелкие части хряща и кости, обычно доступные в большом количестве при септопластике, при классических техниках использовать практически невозможно.

Следует отметить, что в большинстве случаев все виды хирургического вмешательства на ПН завершаются передней тампонадой носа, необходимой для соприкосновения мукоперихондрия и мукоперистоа, а также профилактики носового кровотечения в послеоперационном периоде. В свою очередь, общеизвестно, что существенным недостатком всех видов носовых тампонов является невозможность проведения контроля над

внутриносовым тампонным давлением, которое не должно превышать 42 мм рт. ст., так как избыточная компрессионная нагрузка на слизистую оболочку ПН ведет к ее ишемии [18]. В ряде метаанализов было показано, что использование послеоперационной тампонады носа не обладает большими преимуществами по сравнению с другими методами фиксации [21, 17]. Во время удаления тампонов не исключено смещение реимплантированных фрагментов костно-хрящевого остова, особенно в случаях их недостаточной фиксации другими методами. Зачастую реактивный послетампонный отек слизистой оболочки полости носа бывает выражен сильнее, чем без использования тампонов, что в свою очередь увеличивает сроки восстановления функций носа [1].

Логичным и перспективным этапом совершенствования фиксации ауто- имплантатов является внедрение клеевых техник, которые так же не лишены недостатков и требуют дополнительных исследований для определения показаний, преимуществ и рисков для хирургического лечения искривленной ПН.

Цель исследования – повышение эффективности хирургического лечения деформаций ПН посредством разработки оптимальной хирургической тактики в отношении остова ПН, профилактика осложнений септопластики путем восстановления подслизистого каркаса после обширной резекции деформированных участков хряща и кости ПН.

Материалы и методы

При производстве септопластики нами в 2011 г. был применен нанокompозитный материал «ЛитАр» и латексный тканевой клей «ЛТК» [23], а с 2015 г. впервые использован имплантат в виде «Sandwich», состоящий из пластин костного цемента «Hi-Fatigue Bone Cement», на обе поверхности которого нанесен нанокompозитный биodeградируемый материал «ЛитАр». Композитный материал «ЛитАр» представляют собой пластинки размером 1х0,5 см и толщиной 0,5-1 мм. Материал представляет собой синтезированный гидроксидапатит путем направленной диффузии ионов Са на биополимере (коллаген или альгинат кальция натрия), зарегистрированный как материал «ЛитАр» представлен на рисунке 1 [5]:



Рис. 1 – Композитный материал «ЛитАр» (а) и его схема строения (б):

1 – волокна биополимера (коллагена или альгината); 2 – кристаллы гидроксида фосфата кальция (гидроксидапатита) в материале на волокнах биополимера

Важную роль решает средняя объемная пористость «ЛитАр», составляющая 70 %. Поры являются открытыми и сопряжены между собой сетью каналов и полостей. Все это позволяет клеткам формирующейся ткани зацепляться за поверхность имплантата, выполненного из такого материала, и свободно проникать внутрь через поры и прорастать через пустоты. Следует отметить, что композит «ЛитАр» способен обеспечивать ангиогенез в зоне его введения в области дефекта за счет своей пористости, активизируя для этого имеющиеся в организме стволовые клетки. Кроме того, по данным биопсии, взятой у лабораторных животных время биodeградации составляет 12-15 дней. В области введения материала образуется мягкотканевая структура (соединительная ткань), которая в дальнейшем оссифицируется только в тот тип костной ткани (плоская кость черепа, трубчатая кость с кортикальным и губчатым слоем), который должен находиться в месте дефекта в случае нормальной анатомической топографии. Если дефект был заполнен «ЛитАр» в области хряща, то образуется хрящ [5]. По мнению авторов, особенностью превращения «ЛитАр» является формирование в зоне дефекта неоформленной (через 2-3 дня), а затем оформленной (10-15 дней) соединительной ткани.

Морфологические исследования биотрансформации композита «ЛитАр» показали, что на 3-и сутки гидроксидапатит-коллаген хорошо определялся в препаратах, окрашенных гематоксилин-эозином. На 5-е сутки наблюдалась значительная деградация материала в зоне имплантации. В препаратах биопсии через 12 дней определялся ограничительный клеточный вал, отделяющий имплантат от молодой соединительной ткани. Остатки материала «ЛитАр» представляли собой островки среди вновь образованной соединительной ткани. Представленные данные иллюстрируют возможность имплантационного материала «ЛитАр» восстанавливать не только хрящевую, но и костную ткань. Это позволяет предположить, что композит (как регенераторный агент) имеет универсальный характер и может применяться как для восстановления тканей опорно-двигательного аппарата, так и паренхиматозной ткани. Полученные результаты исключают возможность механизма биотрансформации материала без инициации стволовых клеток. Данное предположение подтверждается и тем, что «ЛитАр» обеспечивает образование только того типа ткани, которая соответствует нормальной анатомической топографии в дефектном участке, то есть органотипическую регенерацию [19]. Как было отмечено выше, «ЛитАр» биodeградирует в течение 2-3-х недель в

случае замещения костных дефектов. Учитывая, что замещение «ЛитАр» мягкой тканью (неоформленной соединительной тканью) морфологически выявлено уже на 2 сутки, а также то, что этот имплантат может участвовать в ангиогенезе, можно предположить, что основная масса материала через 2 недели превращается в хрящевую ткань.

По данным исследований [12] при использовании гидроксиапатит-коллагенового комплекса «ЛитАр» наблюдается закономерность протекающих в ходе репаративного остеогенеза процессов: остеохондрогенные клетки дифференцируются либо в остеобласты, либо в хондробласты в зависимости от условий, в которых находятся клетки. Если область хорошо васкуляризирована и богата кислородом, то развивается кость, если сосудов нет – образуется хрящ. Наиболее активна в условиях опыта деятельность остеокластов в эндостальной зоне регенерации, где идет разрушение хрящевой ткани. Обращает на себя внимание обилие кровеносных сосудов, которые образуются в этой зоне.

Следует указать, что медицинский латексный тканевый клей («ЛТК»), который мы применяем в своей практике, биологически инертен и стерилен. Прочность клеевого соединения при сдвиге составляет не менее 0,250 Мпа [7], [3]. «ЛТК» не оказывает токсического действия на организм человека. Клей гидрофилен, т.е. склеивание с его помощью не требует тщательного высушивания поверхностей, он легко пропитывает поверхностные слои тканей и обладает высокой адгезивностью к живой ткани. Благодаря содержанию диоксида кремния клей обладает бактерицидными свойствами, что делает пленку «ЛТК» непроницаемой для бактериальной среды. Аминокпроновая кислота, входящая в состав «ЛТК», придает клею ярко выраженные гемостатические свойства. Клей наносится толщиной 0,1 мм. на поверхность тканей (в объеме 0,2-0,3 мл на 1 см²). Полимеризация пленки происходит при комнатной температуре в течение 4-8 минут, в зависимости от влажности зоны аппликации и толщины нанесенного клея, образуя тонкую, эластичную пленку, и, что весьма существенно, не деформирующую окружающие ткани и не нарушающую их функциональной активности. Клинический опыт свидетельствует о том, что «ЛТК» биodeградирует с 7-го по 14-й день с момента нанесения, прорастая соединительной тканью, в зависимости от толщины клеевой пленки, упаковка клея представлена на рисунке 2. Следует также отметить, что ряд авторов при септопластике [11], [1] использовали клей «Сульфакрилат», [13] - фибриновый клей, [9] – клей «ГеоКомпакт» и др.



Рис. 2 – Латексный тканевый клей «ЛТК» (упаковка)

Нами впервые использован костный цемент «Hi-Fatigue Bone Cement» в комбинации с антибактериальными препаратами в качестве пластического материала для реконструктивно-восстановительного лечения удаленной части ПН. В доступной литературе мы нашли лишь единичные сообщения об использовании костного цемента для пластики передней стенки верхнечелюстной и лобной пазух [4], [8].

После полимеризации на ощупь затвердевший цемент напоминает камень, но при нагрузках он ведет себя как твердая резина, т.е. обладает свойствами эластичности. Электрической дрелью со сверлом 1-2 мм в пластинке просверливаются множественные отверстия. Размеры перфораций должны находиться в пределах от 1 мм до 2-3 мм, т.к. перфорации с очень крупными диаметрами (5 мм и более) прорастают соединительной тканью медленно. Получается стандартная перфорированная пластинка с коэффициентом пористости от 40 до 60 %. В итоге мы имеем «легкую» сетчатую перфорированную и эластичную пластинку, в тоже время обладающую «каркасной» функцией, представлена на рисунке 3. Пластинки костных имплантатов стерилизуют и хранят, формируя банк заготовок.

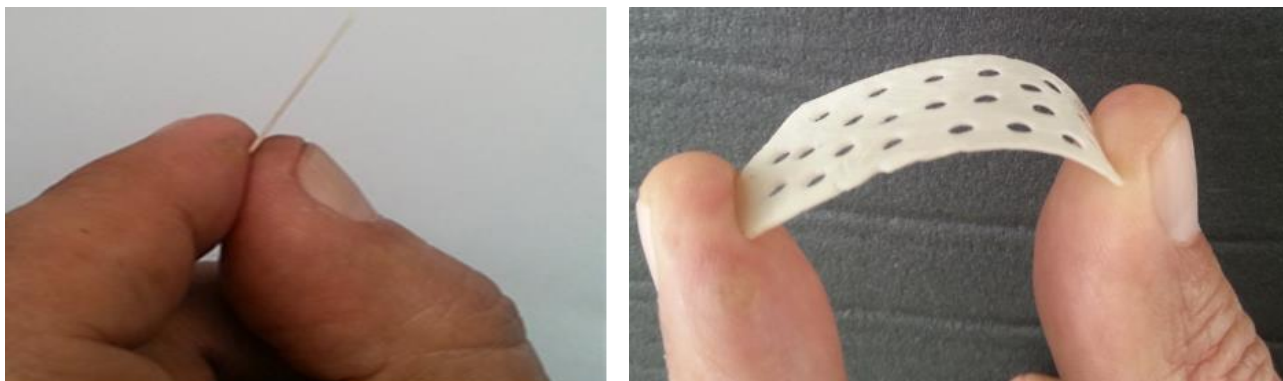


Рис. 3 – Перфорированные пластинки «Bone Cement»

Нет сомнения в том, что костный цемент «Hi-Fatigue Bone Cement» идеально подходит для малоинвазивной хирургии. Это новый костный цемент третьего поколения, обладающий низкими вязкостными свойствами при комнатной температуре, хорошей механической прочностью и стабильным интерфейсом между костью и цементом. Костный цемент содержит полиметилметакрилат 58,75 %, полиметилакрилат 28,15 %, диоксид циркония 12,24 % и пероксидбензоила 0,86 %. Рентгеноконтрастной средой костного цемента является диоксид циркония, который к тому же способствует процессу репаративного остеогенеза в зоне расположения имплантата, а также известен отсутствием токсичности для живых клеток и биоразлагаемостью.

При температуре тела данный материал проявляет эластичные свойства характерные для живых тканей, т.е. при деформации тканей он также деформируется в соответствии с законами их эластического поведения. Этим обеспечивается его гармоничное функционирование. Биodeградация костного цемента стимулирует формирование костной ткани, реакций на инородное тело при этом не обнаружено. Более того, при применении костного цемента уже на 7-е сутки между костными отломками появляются остеониды, а на 30-й день в месте соприкосновения кости с цементом отмечена широкая полоса плотной компактной кости [22]. Показаниями к операции септопластики с использованием биосовместимых имплантатов из костного цемента «Hi-Fatigue Bone Cement» явилось выраженная травматическая деформация ПН с разрушением или искривлением костно-хрящевого скелета, сопровождающаяся значительными функциональными нарушениями, опорную функцию которой невозможно восстановить собственными тканями. Для восстановления утраченных опорных структур могут быть использованы биосовместимые имплантаты из костного цемента «Hi-Fatigue Bone Cement», биологическая инертность и проницаемая пористая структура которых способствует хорошей интеграции с тканями ПН.

Особый интерес представляет введение в имплантат наносеребра. Наиболее эффективны для уничтожения болезнетворных микроорганизмов частицы серебра размером 9-15 нм [2]. Они имеют чрезвычайно большую удельную площадь поверхности, что увеличивает область контакта серебра с бактериями или вирусами, значительно улучшая его бактерицидные действия. Их способность высвобождать ионы серебра в контролируемом количестве приводит к мощной антибактериальной активности в отношении большого числа бактерий.

Пропитка имплантата раствором, обогащенным серебром, не приводит к изменению макроструктуры композита. Нано-серебро после высушивания равномерно распределяется по поверхности образца и по стенкам открытых пор без значительного изменения дисперсности. Это позволяет нано-серебру без помех осуществлять роль антимикробного агента. Такая пористость и структура композита позволяет поддерживать образование костной ткани в объеме полимерной матрицы и способствует прикреплению клеток и их миграции, что обеспечивает распространение жизненно важных питательных веществ в клетки.

Фактически, от марлевых тампонов мы отказались около 10 лет назад. Мы считаем, что компрессия на слизистую ПН должна быть незначительной, мягкой. С этой целью мы используем самораздувные латекс-поролоновые тампоны. Для этого перед установкой тампонов определяем расстояние от перегородки носа до нижней носовой раковины, раздвигая бранши носового пинцета. Вырезаем поролоновую губку измеренной ширины носового хода, вставляем ее в пальчик хирургической перчатки, который затем сдавливаем зажимом с широкими губками (воздух удаляется из тампона, при этом тампон становится плоским) и свободный конец тампона завязываем шелковой нитью, представлена на рисунке 4.

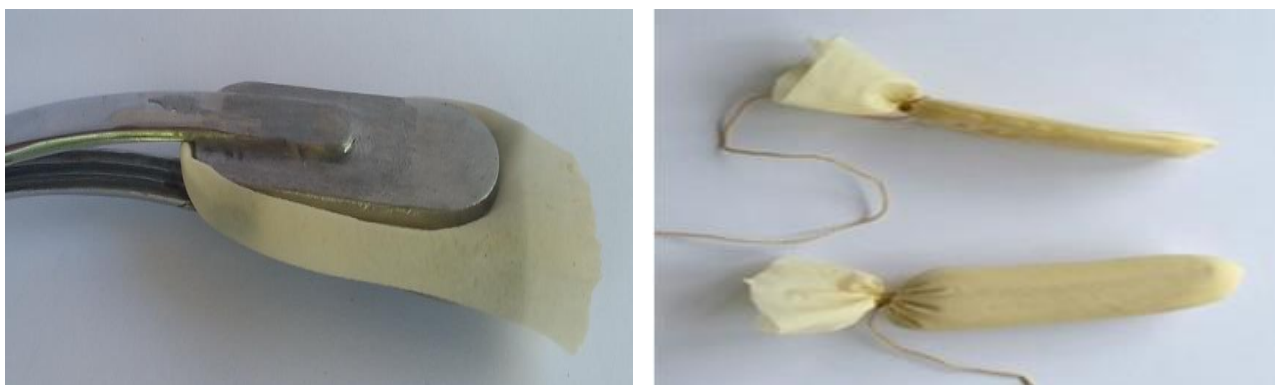


Рис. 4 – Самораздувные пальчиковые латекс-поролоновые тампоны

Слегка обработав обе стороны тампона мазью «Меколь», тампоны поочередно свободно вводятся в обе половины носа и надрезаются в переднем конце ножницами - происходит самораздувание тампонов, оказывающих умеренную компрессию на отсепарованную слизистую оболочку ПН.

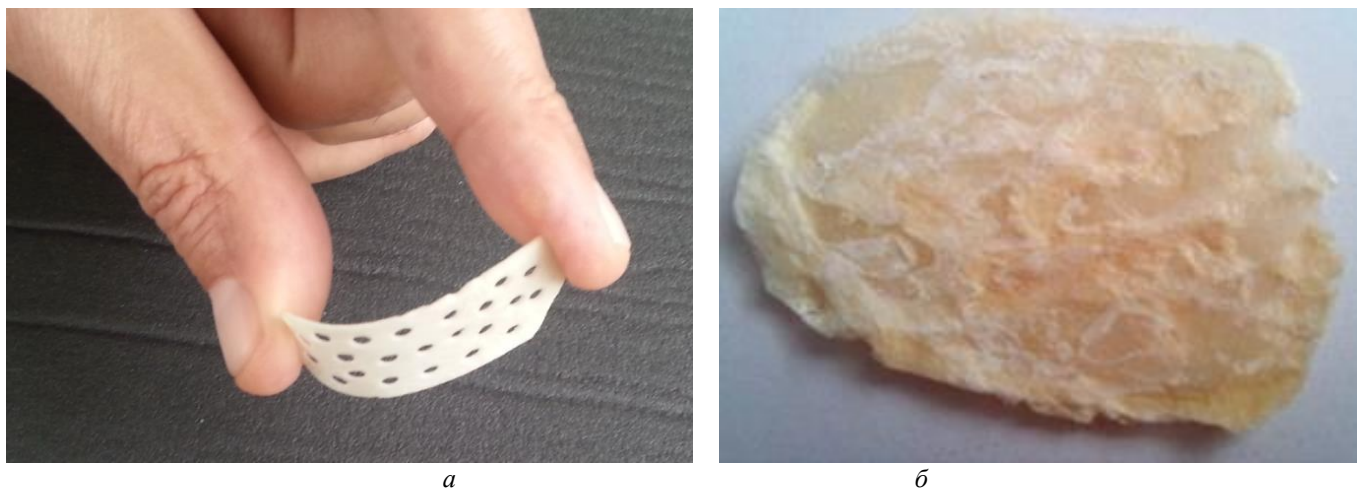
Многие авторы отмечают, что чем сильнее, больше по площади и дольше компрессия тампонов на слизистую оболочку полости носа, тем сильнее выражены боль в области носа, а после удаления тампонов и реактивные явления в виде отека слизистой оболочки и образования распространенного фибринозного налета. Поэтому самораздувные латекс-поролоновые тампоны обычно удалялись через 2 ч после операции, но при необходимости могли находиться в полости носа до 24.

Результаты исследования

Показанием для оперативного лечения в объеме клеевой бестампонной септопластики явилось стойкое нарушение носового дыхания за счет блокирования струи воздуха искривленной частью ПН. В предоперационном периоде всем пациентам проводился необходимый минимум лабораторных исследований: клинический анализ крови, ее

свертывающая система и биохимический состав в целях возможного применения общего наркоза, общий анализ мочи. Обязательна консультация кардиолога, а при необходимости и других смежных врачей. Для уточнения характера, объема и локализации патологических изменений структур носа и выбора способа септопластики помимо эндоскопического осмотра стержнелинзовой оптикой определяющее значение имеет КТ-исследование.

Таким образом, нами впервые применен спредер-имплантат в виде сендвич-композита, представляющий собой комбинацию из перфорированной пластинки костного цемента «Hi-Fatigue Bone Cement» необходимого размера, покрытой с обеих сторон «ЛитАр», нанесенного методом напыления, представлен на рисунке 5.



а

б

Рис. 5 – Сендвич-имплантат:

а – заготовка костной пластинки; б – двустороннее покрытие биоккомпозитом «ЛитАр»

Пластика костного цемента «Hi-Fatigue Bone Cement» имеет толщину 0,5-1 мм, длину 20-30 мм, ширину 10-15 мм. Площадь перфораций диаметром 1 мм составляет 70-80 %, что не сказывается отрицательно на ее опороспособности. Толщина нанесенного на поверхность пластинки костного цемента слоя материала «ЛитАр» -1 мм. Все пластинки спредер-имплантатов стерильны и хранятся в банке заготовок. Перед имплантацией при необходимости возможно дополнительное моделирование имплантата бормашиной с фрезой. Таким образом, имея банк разнообразных по форме и толщине пластин костного цемента, во время операции можно быстро с помощью электрической дрели с фрезой смоделировать необходимый по размеру и форме кусочек костного имплантата.

Центральная пластинка, обладающая достаточной жесткостью и выполняет опорную функцию, а покрывающий ее биополимер «ЛитАр» способствует регенерации всех остальных тканей ПН. Пластика костного цемента «Hi-Fatigue Bone Cement» необходима для создания жесткого каркаса (армирование) реконструированной ПН. Применяемый в таких случаях только композитный материал «ЛитАр» не способен с первых же дней выполнять поддерживающую функцию ПН из-за своей мягкости, что может способствовать в дальнейшем уменьшению объема и формы неораквины. Поэтому мы считаем, что комбинированное применение «ЛитАр» и «Bone-Cement» в виде сендвич-имплантата является прочным каркасом для нео-ПН. Костный цемент является очень медленно биодеградируемым материалом и позволяет сохранить постоянство своего объема и формы в долгосрочной перспективе.

Пластика костного цемента «Hi-Fatigue Bone Cement» необходима для создания жесткого каркаса (армирование) реставрированной ПН при удалении значительной части искривленного костно-хрящевого отдела ПН, после которой ощущается дефицит аутоклет. Применяемый в таких случаях композитный материал «ЛитАр» не способен с первых же дней выполнять поддерживающую функцию ПН из-за своей мягкости, что может способствовать возникновению флотации, отреставрированной ПН. Поэтому мы считаем, что комбинированное применение «ЛитАр» и «Bone-Cement» в виде сендвич-имплантата является прочным каркасом для коррекции искривленной ПН.

Суть предложенного способа септопластики заключается в следующем: под общим обезболиванием или местной инфильтрационной анестезией Sol. Ultracaini выполнялся полупроницающий вертикальный разрез слизистой оболочки полости носа, отступя 0,5 см от каудального края четырехугольного хряща. При необходимости под контролем эндоскопа 30 град. 4 мм выделялся костно-хрящевой остов ПН, неискривленные участки перегородки сохранялись в ее остове. Искривленные фрагменты хряща и кости, не подлежащие выпрямлению, резецировались и извлекались. После установки стента «Doyle» в противоположной гемитрансфиксационному разрезу половине полости носа и обработки тонким слоем клея «ЛТК» внутренней стороны отсепарованного мукоперихондрального лоскута осуществлялась имплантация спредер-имплантата. Затем осуществлялась аналогичная процедура в противоположной стороне полости носа. В заключении производилась фиксация имплантата эластичными латекс-поролонными тампонами, введенными в обе половины носа, и обработка клеем «ЛТК» гемитрансфиксационного разреза. Экспозиция 1-2 минуты дает возможность клею «ЛТК» заполimerизоваться, после чего в большинстве случаев они удаляются через 2 ч, представлена на рисунке 6.

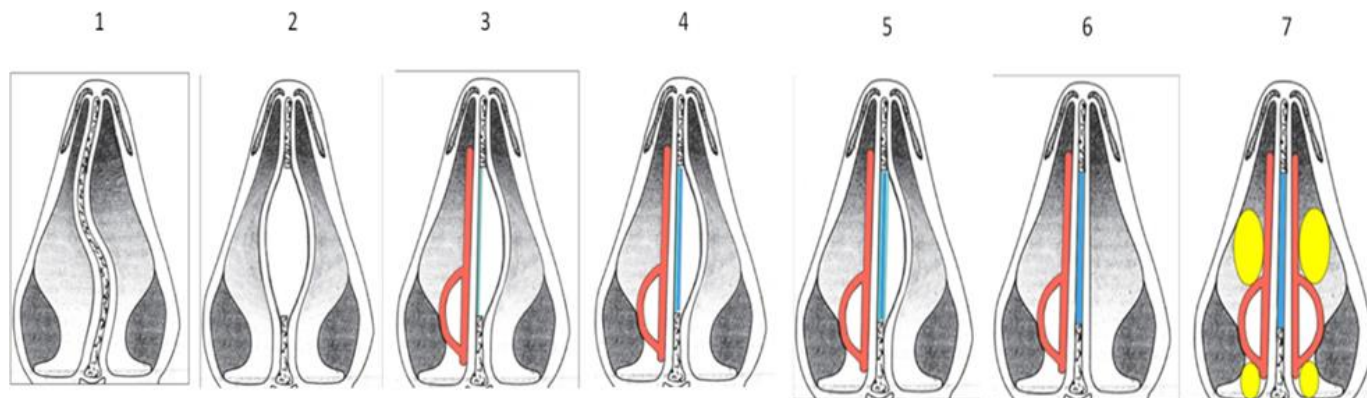


Рис. 6 – Наш способ клеевой септопластики:

1 – искривление ПН; 2 – отсепаровка мукоперихондриума и мукопериоста с обеих сторон ПН и резекция искривленного костно-хрящевого участка; 3 – установка стента «Doyle» в правой половине полости носа и обработка клеем «ЛТК» внутренней поверхности правого отсепарованного лоскута; 4 – имплантация сендвич-имплантата с фиксацией клеем «ЛТК»; 5 – обработка клеем «ЛТК» левой стороны имплантата; 6 – фиксация левого отсепарованного лоскута к имплантату; 7 – установка стента «Doyle» в левой половине полости носа и фиксация имплантата эластичными латекс-поролоновыми тампонами

Мы рекомендуем предварительное введение стента «Doyle» в противоположную разреза сторону, считая это техническим приемом, способствующим стабилизации отсепарованного мукоперихондриального и мукопериостального лоскута в срединной сагиттальной плоскости, облегчающим нанесение тонкого слоя клея «ЛТК» на их внутреннюю поверхность, а также способствующим точной установке и плотному контакту с сендвич-имплантатом. Кроме того, самораздувные латекс-поролоновые тампоны надежно фиксируют сендвич-имплантат в заданном положении. Следует иметь в виду, что важным условием для стимуляции местного хондро- и остеогенеза, сращения с краями дефекта, а также равномерного замещения хрящевой и костной ткани реципиента является соприкосновение трансплантата своими краями с краями костного и хрящевого дефекта.

При проведении хирургических вмешательств объем имплантируемого материала «ЛитАр» обычно равен 2/3 от объема имеющейся операционной полости во избежание формирования асептического свища с выделениями из области послеоперационного шва в виде жидкости сливко-образной консистенции, светлого цвета, без запаха на фоне нормальной температуры тела и без признаков местного воспаления и отсутствия воспалительных изменений в анализах крови. Выделения не носят воспалительной этиологии, а являются следствием использования большего объема материала «ЛитАр», нежели было необходимо в данном конкретном случае. Учитывая способность композита увеличиваться в объеме при контакте с биологическими жидкостями, вышеописанное объясняется самопроизвольной эвакуацией имплантата по пути наименьшего сопротивления – через послеоперационную рану. Принимая во внимание вышесказанное, мы нижний край разреза не закрываем, тем самым обеспечивая отток остатков «ЛитАр». С этой целью производим обработку верхних 2/3 гемитрансфиксационного разреза тонким слоем клея «ЛТК». Образование полимерной пленки «ЛТК» сопровождается изменением ее цвета от белого до прозрачного, что позволяет контролировать состояние глубже лежащих тканей в области гемитрансфиксационного разреза ПН. В начальной стадии сразу после нанесения клеевая композиция сохраняет белый цвет. Во второй стадии после начала испарения воды и сближения латексных частиц отмечается появление полупрозрачных плотных участков. В третьей стадии происходит образование прозрачной полимерной пленки с сохранением адгезивных свойств на ее наружной поверхности. Процесс полимеризации занимает 6–7 мин. Стабильность пленки сохраняется в течение 7 суток.

Следует обратить внимание на то, что мы, по возможности, не производили отсепаровку слизистой оболочки с тех участков ПН, которые не планировали резецировать. В конце септопластики проводили наложение 2-3 рассасывающихся швов на края гемитрансфиксационного разреза, способствующих тесному сближению краев разреза слизистой оболочки ПН и предотвращающих образование гематомы. Какой-то принципиальной разницы с ушиванием ПН или без нее мы не видим, поэтому от нее отказались из-за лишней траты времени. В проведенных систематических обзорах [21] доказано, что тампонада носа и транссептальное прошивание одинаково влияют на риск развития не только кровотечения и гематомы перегородки, но и перфорации, а также местной воспалительной реакции.

Кроме всего прочего, важно отметить, что предлагаемый способ септопластики обеспечивает надежную фиксацию фрагментов аутохряща к мукоперихондрию и мукопериосту в правильном положении, что способствует стабильности перегородки, снижает риск ее вторичной деформации в послеоперационном периоде, позволяет отказаться от передней тампонады полости носа в раннем послеоперационном периоде, сокращает время операции. Таким образом, нами впервые применен и внедрен в клиническую практику способ бестампонной клеевой септопластики с использованием сендвич-имплантата, состоящего из пластинки костного цемента «Hi-Fatigue Bone Cement», обе поверхности которого покрыты биокompозитным материалом «ЛитАр». Обработка внутренних поверхностей отсепарованных листков мукоперихондриа и мукопериоста клеем «ЛТК» позволяет добиться надежной фиксации к этим поверхностям сендвич-имплантата, что позволяет отказаться от тампонады полости носа после операции.

В исследовании участвовали 45 пациентов с искривлением ПН в основном посттравматического происхождения, предъявляющих жалобы на затрудненное носовое дыхание. Пациенты были произвольно разделены на 3 группы по 15 человек, которым произведена септопластика 3 способами, представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Прооперированные пациенты

Группа	Мужчины	Женщины	Средний возраст
I	9	6	31
II	10	5	27
III	8	7	27

I группа – традиционная открытая септопластика (реимплантация дезинтегрированного аутохряща, транссептальный шов + самораздувные латекс-поролоновые тампоны + викриловые швы на разрез). Тампоны удалены через 24 часа, представлено на рисунке 7.



Рис. 7 – Реимплантация отмоделированного аутохряща

II группа - традиционная открытая септопластика (реимплантация дезинтегрированного аутохряща, клей «ЛТК», биокомпозитный материал «ЛитАр» + самораздувные латекс-поролоновые тампоны + разрез обработан клеем «ЛТК»). Тампоны удалены через 24 часа, представлено на рисунке 8.



Рис. 8 – Обработка клеем «ЛТК» внутренней поверхности мукоперихондрального лоскута и реимплантация отмоделированного аутохряща

III группа - наш способ открытой септопластики (клей «ЛТК», сэндвич-имплантат + самораздувные латекс-поролоновые тампоны на 2 часа). Разрез обработан клеем «ЛТК», представлено на рисунке 9.



Рис. 9 – Бестампонная клеевая септопластика

По интраоперационным осложнениям значимых различий между группами не выявлено. Изучение течения раннего послеоперационного периода в трех группах позволило выявить следующее, представлено в таблице 2:

Таблица 2 – Ранние послеоперационные осложнения

Группа	Отек	Выделения	Фибрин. налет		Кровотечение		Гематома		Перфорация	Отит		Температура		Боль	Дыхание
			кол-во	%	кол-во	%	кол-во	%		кол-во	%	кол-во	%		
I	++	++	4	26,7	1	6,7	-	-	-	2	13,3	5	33,3	++	+
II	++	+	3	20	-	-	1	6,7	-	-	-	2	13,3	++	+
III	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+++

Примечание: + – степень выраженности

После удаления носовых тампонов через 24 часа после операции пациентам I и II группы проводился тщательный туалет полости носа под эндоскопическим контролем и назначалось амбулаторное лечение с периодическим контролем на 5-7, 10 и 30 сутки. Пациенты III группы выписывались из стационара через 7-8 часов после проведенной операции.

I группа - умеренные реактивные изменения в виде отека слизистой оболочки ПН и околоносовых раковин, а также у 4 (26,7 %) больных имелся налет фибрина в полости носа. ПН находилась в срединном положении, носовые раковины поджаты к латеральной стенке полости носа. В первые сутки после операции у 1 (6,7 %) больного было носовое кровотечение. Кровотечение было купировано и больше не повторялось. Начиная с 5-х суток начиналось восстановление слизистой оболочки полости носа и носового дыхания. К 7-10 суткам у больных оставались незначительные реактивные изменения слизистой оболочки полости носа. На 30-е сутки риноскопическая картина визуально не отличалась от нормальной.

II группа - отечность слизистой оболочки полости носа выражена незначительно. Носовое кровотечение отсутствует. Фибринозный налет и корки в минимальном количестве у 3 больных. В первые сутки после операции у 1 (4%) больного была гематома ПН. Послеоперационное осложнение купировано, в дальнейшем не повторялось. К 5-7 суткам у больных оставались незначительные реактивные изменения слизистой оболочки полости носа. Постепенно улучшается носовое дыхание.

III группа – легкая отечность полости носа, приводящая к затруднению носового дыхания, которое больные характеризовали как незначительное. Фибринозного налета нет. Носовое кровотечение не наблюдалось. Начиная с 1 суток после оперативного вмешательства начинала восстанавливаться риноскопическая картина. Уменьшались воспалительные явления в полости носа и со стороны носовых раковин, восстанавливалось носовое дыхание. Больные отмечали нормализацию сна, улучшение носового дыхания, уменьшение дискомфортных явлений в полости носа, уменьшение выделений из полости носа. Восстановление слизистой оболочки полости носа к 10 суткам не отличалась от нормы, дыхание почти соответствовало норме. К 30-м суткам при оценке полости носа с использованием эндоскопической техники слизистая полости носа имела розовую окраску, без признаков воспаления, умеренно влажная, происходило полное восстановление дыхательной функции носа, общие показатели качества жизни не отличались от показателей здоровых людей. Таким образом, можно сделать вывод, что дыхательная функция носа динамически равномерно восстанавливалась в раннем послеоперационном периоде.

Длительность стационарного лечения: I группа: 24 часа (связано с наличием передней тампонады и необходимостью ее удаления, нарушением общего самочувствия, а также необходимостью тщательного туалета полости носа перед выпиской), II группа: 8-24 часа (связано с временем удаления тампонов – от 2 часов до 24 часов), III группа: 7-8 часов (носовое дыхание удовлетворительное сразу после операции, самочувствие не нарушено). Период временной нетрудоспособности: I группа: 14-20 дней, II группа: 7-15 дней, III группа: 5-10 дней.

Необходимо обратить внимание на то, что применение костного цемента «Hi-Fatigue Bone Cement» способствует восстановлению костной ткани путем постепенного замещения «Hi-Fatigue Bone Cement» грануляционной, а затем соединительной тканью. Как известно, перпендикулярная пластинка ПН состоит из двух пластинок, неодинаково удаленных друг от друга, между которыми находится губчатое вещество. Через 3-5 мес после септопластики участок резецированной костной ткани ПН замещается грубоволокнистой костью, которая на многих участках трансформируется в пластинчатую с развитой системой гаверсовых каналов. Таким образом, костный цемент «Hi-Fatigue Bone Cement» является биоинертным и биodeградируемым восстановительным материалом, пригодным для реконструктивно-пластических операций на ПН.

Следует отметить, что регенерация хряща ПН происходит в течении года, а опорная функция ПН необходима в ближайшее время после септопластики во избежание рецидива искривления. В связи с этим, актуально применение имплантата, обладающего достаточной жесткостью, в частности, тонкая перфорированная пластинка «Bone Cement». Кроме того, при предложенном нами способе септопластики выраженность воспалительной реакции, которая характеризуется клеточной инфильтрацией тканей, ниже, чем при обычной септопластике.

Биотрансформация композита контролировалась рентгенологически. Исходный «ЛитАр» характеризуется рентгеновской плотностью в интервале 20-80 НУ. Для сравнения полученных результатов измеряли оптическую плотность хряща до операции: обнаружена его неоднородность, изменение плотности в интервале от 62 до 127 НУ. Плотность в области замещения хряща ПН в среднем составляла 77 НУ. Гистограмма плотности области дефекта показывала изменения от 70 до 127НУ, с одним диффузным максимумом. Наличие неоднородности может быть связано с неравномерной биотрансформацией материала в области дефекта, а также с неоднородностью нативного

(дооперационного) хряща. Известно, что «ЛитАр» биодеградирует в течение 2-3-х недель в случае замещения костных дефектов. Учитывая, что замещение «ЛитАр» мягкой тканью (неоформленной соединительной тканью) морфологически (в опытах на животных) выявлено уже на 2 сутки, а также то, что этот имплантат может участвовать в ангиогенезе, можно предположить, что основная масса материала через 2 недели превращалась в хрящевую ткань, представлена на рисунке 10.

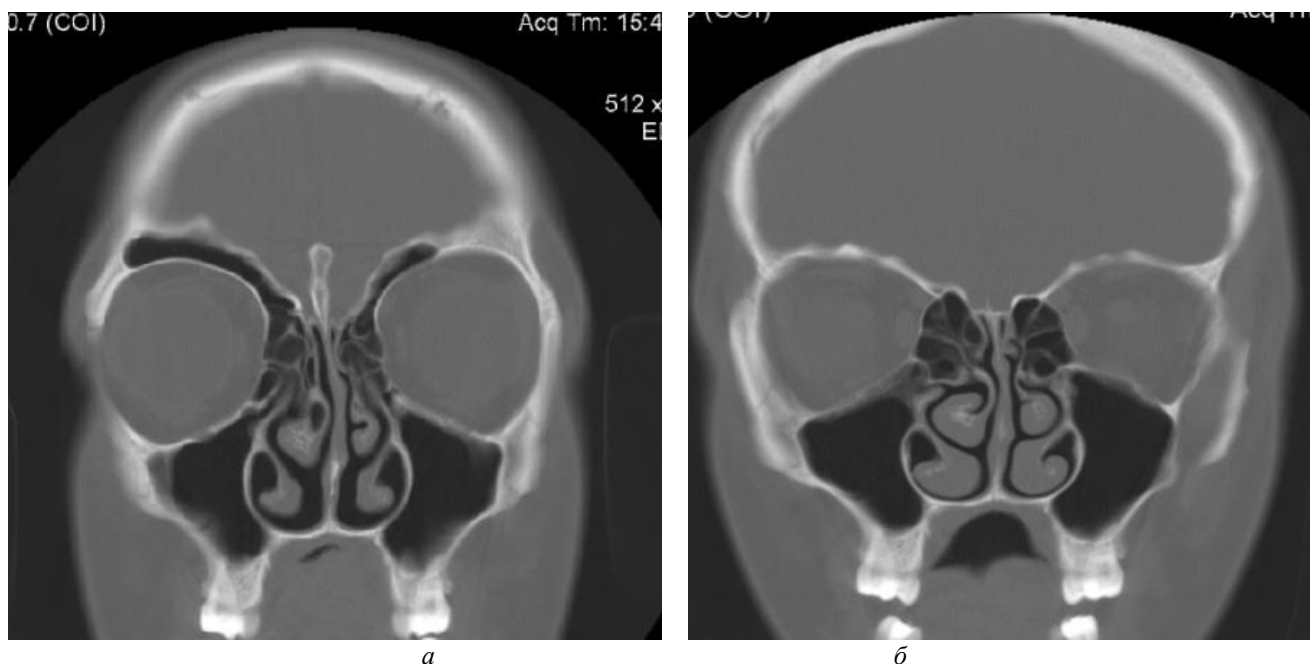


Рис. 10 – КТ придаточных пазух носа (аксиальная проекция) до (а) и через месяц после септопластики (б)

Принимая во внимание, что полимеризации пленки клея «ЛТК» происходит через 8-10 минут после его нанесения на поверхность ткани, мы удаляем временно введенные латекс-поролоновые тампоны максимум через 2 часа, т.к. через 4 часа возникает опасность развития средней степени сдавления, характеризующая явлениями интоксикации. Мы считаем, что послеоперационная интраназальная тампонада должна применяться строго по показаниям у пациентов с склонностью к кровотечениям. Вероятно, воздействие и давление тампонов на слизистую оболочку полости носа приводит к усилению послеоперационных реактивных явлений, что, в свою очередь, способствуют удлинению и утяжелению восстановительного периода. В остальных случаях применение малоинвазивных методов ринопластики позволяет осуществлять щадящее воздействие на структуры полости носа с минимальными проявлениями послеоперационного травматического ринита, что позволяет отказаться от носовой тампонады.

По-видимому, наиболее частой причиной вторичной деформации является смещение от средней линии реимплантированного фрагмента остова, в результате неадекватной его фиксации. Необходимо обратить внимание на то, что предлагаемый нами имплантат отличается наибольшей величиной адгезии к раневой поверхности и надежно фиксируется между листков слизистой оболочки, что препятствует его дислокации. Применение медицинского клея «ЛТК» значительно уменьшает частоту и выраженность послеоперационной деформации за счет адекватной и стойкой иммобилизации установленных аутохрящевых фрагментов. На послеоперационном этапе в значительной степени уменьшаются такие отрицательные проявления, как флотация потерявших жесткий субмукозный скелет частей ПН и повторное искривление ПН. К тому же, значительная адгезия имплантата к участкам мукоперихондрия способствует предотвращению возникновения кровотечения и формирования гематомы ПН. Преимущество предложенного имплантата заключается также в исключении вероятности возникновения атрофических явлений в слизистой оболочке ПН на послеоперационном этапе, благодаря отсутствию тампонады полости носа, вызывающей явления ишемии, и активному прорастанию сосудов в имплантат с помощью нанобиокомпозита «ЛитАр». Кроме того, исключена вероятность проявления иммунологических реакций. Фактически, больной может быть выписан из клиники через 8-24 часа после операции, что укорачивает период временной нетрудоспособности на 40-50 %.

Основным показанием применения предложенной методики клеевой септопластики считаем резко выраженное искривление ПН, чаще травматического характера, при которой приходится резецировать значительную часть костно-хрящевого остова ПН, что приводит к дефициту реимплантируемого аутоматериала и не позволяет заполнять всю резецируемую часть деформированной ПН, приближая архитектуру резецированных частей ПН к более физиологическому состоянию. Мы согласны с мнением [10], что лучший результат достигается имплантацией биоимплантата в виде одной сплошной пластинки необходимого размера.

Композитный материал «ЛитАр», применяемый нами при септопластике, способствует новообразованию не только хрящевой и костной ткани, но и кровеносных сосудов. Данный факт особенно существенен при наличии у пациента сопутствующего субатрофического процесса в слизистой оболочке полости носа. Поэтому, на наш взгляд, при соответствующих показаниях, правильной предоперационной подготовке, грамотной технике оперирования с соблюдением принципа бережного отношения к тканям полости носа нет необходимости в ограничении показаний к операции у данной категории больных.

Заключение

Анализ результатов проведенных исследований позволил прийти к заключению, что предложенный способ бестампонного ведения послеоперационного периода в случаях отсутствия у пациента тяжелых сопутствующих заболеваний и послеоперационного кровотечения позволяет сократить длительность послеоперационного периода приблизительно в 3 раза. Доверительные отношения врача и пациента являются залогом того, что пациент после выписки будет четко следовать назначениям и инструкциям врача.

Кроме того, следует отметить, что предложенный способ клеевой септопластики позволяет улучшить результаты лечения пациентов с деформациями ПН за счет уменьшения количества осложнений, а также обладает несомненными достоинствами перед традиционной септопластикой и может быть рекомендован для практического здравоохранения.

На основании проведенных исследований авторы пришли к выводу, что апатит-коллагеновый композит «ЛитАр» является биосовместимым материалом, не обладает раздражающим действием на костную ткань и способствует активизации репаративного остеогенеза в области костного дефекта.

В целом, следует отметить, что способ клеевой бестампонной эндоскопической септопластики с использованием латексного тканевого клея «ЛТК» (при эндоскопической септопластике) резко снижает риск возникновения ранних послеоперационных осложнений за счет плотного склеивания листков слизистой оболочки, не допуская тем самым образование гематом, а также перфораций ПН.

Отсутствие передней тампонады полости носа исключает риск развития ишемии слизистой ПН, тем самым не нарушается процесс заживления послеоперационной раны и ускоряется восстановительная способность слизистой оболочки, а также исключается излишняя колонизация микробной флоры. На основании вышеперечисленного пациент может быть выписан на амбулаторное долечивание через 8-24 часа после оперативного лечения, что значительно сокращает период временной нетрудоспособности пациента.

Изучение материалов литературы о способах восстановительной хирургии искривлений ПН свидетельствует, что вопросы о методах реконструктивной хирургии деформации ПН продолжают оставаться дискуссионными. Ни одна из существующих операций не подходит для всех пациентов. Методы коррекции искривления ПН разнообразны и нет техники, зарекомендовавшей себя как абсолютно эффективная. Каждый имеет свои показания, преимущества и недостатки. Многообразие предложенных техник свидетельствует об отсутствии пока оптимального хирургического подхода, что делает оправданным проведение дальнейших исследований.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Березова Д.К. Применение гемостатического клея с целью профилактики интра- и пооперационных осложнений при риносептопластике / Д.К. Березова, А.В. Бицаева, А.А. Забруская // Молодой ученый. – 2011. – Т.2. – №2. – С. 147 – 150.
2. Букина Ю.А. Антибактериальные свойства и механизм бактерицидного действия наночастиц и ионов серебра / Ю.А. Букина, Е.А. Сергеева // Вестник Казанского технологического университета. – 2012. – С. 170 – 172.
3. Демина Н.Б. Применение клеевых композиций в хирургии / Н.Б. Демина, Л.В. Чернова, Ж.М. Козлова // Журнал им. Н.И. Пирогова. – 2019. – №3. – С. 129 – 134.
4. Красножен В.Н. Клиническое обоснование применения полимерных имплантатов в восстановлении костных дефектов околоносовых пазух / В.Н. Красножен, Е.М. Покровская, А.Н. Михалин // Российская ринология. – 2013. – № 21 (2). – С. 11 – 95.
5. Литвинов С.Д. Перспективы применения материала «ЛитАр» для восстановления хрящевой перегородки носа у детей / С.Д. Литвинов, А.С. Серёгин, Т.Б. Пуштова, М.М. Оленникова // Российская оториноларингология. – 2006. – № 3(22). – С. 66 – 70.
6. Лопатин А.С. Реконструктивная хирургия деформаций перегородки носа / А. С. Лопатин // Российская ринология. – 1994. – Прил. 1. – С. 3 – 28.
7. Морозов А.Д. Тактика ведения больных при эндоназальных оперативных вмешательствах: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.01.03 – Болезни уха, горла и носа / А.Д. Морозов, – 2019. – 25 с.
8. Покровская У.М. Использование полимерных имплантатов в реконструктивной хирургии околоносовых пазух (экспериментальное исследование) / У.М. Покровская // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2014. – Т.16. – №5 (4). – С. 1415 – 1417.
9. Попадюк В.И. Септопластика с применением гемостатического клея / В.И. Попадюк, Д.К. Березова, А.В. Бицаева // Медико-фармацевтический журнал «Пульс». – 2010. – Т.12. – №4. – С. 545 – 546.
10. Савцова Т.В. Принципы удлиняющей ринопластики при устранении деформаций носа. автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.01.03 – Болезни уха, горла и носа / Т.В. Савцова, – М.: – 2001. – 22 с.
11. Сергеева Н.В. Применения клеевых технологий в ринохирургии: дис. ... канд. мед. наук: 14.01.03 – Болезни уха, горла и носа / Н.В. Сергеева, – 2019. – 133 с.
12. Шилин В.А. Стимуляция репаративного остеогенеза в эксперименте на модели ложного сустава у крыс. / В.А. Шилин, А.А. Сафронов, Т.Г. Кожанова // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2015. – № 3 (178). – С. 218 – 222.
13. Boenisch M. Fibrin glue for operative correction of septal deviations / M. Boenisch, G. F. Nolst Trenite // HNO – 2004 Nov; 52(11). – P. 963-967.
14. Huizing E.H. Functional Reconstructive Nasal Surgery / H. Egbert Huizing, A.M. Johan. – New York : Georg Thieme Verlag, Thieme, – 2003. – 115 p.

15. Gillman G. S. Revision septoplasty: a prospective disease-specific outcome study / G.S. Gillman, A.M. Egloff, C.M. RiveraSerrano // *Laryngoscope*. – 2014. – Vol. 124 (6). – P. 1290–5.
16. Gubisch W. The extracorporeal septum plasty: a technique to correct difficult nasal deformities / W. Gubisch // *Plast. Reconstr Surg*. – 1995. – Vol. 95. – P. 672–682.
17. Kim J.S. Is nonabsorbable nasal packing after septoplasty essential? A meta-analysis / Kim J. S., Kwon S. H. // *Laryngoscope*. – 2017. – Vol. 127, N 5. – P. 1026 – 1031.
18. Klinger M. Microcirculation of the nasal mucosa during use of balloon tamponade / M. Klinger, R. Siegert // *Journal Laryngorhinootologie*. – 1997. – Vol. 76 (3). – P. 127-130.
19. Litvinov S.D. Clinical application experience of collagen-apatite-base implants / S.D. Litvinov, A.F. Krasnov, G.N. Ter-Asaturov et al. // *Actualites en Biomateriaux*, vol.V, Romillat, Paris, – 2000. – P. 343-347.
20. Most S.P. Septoplasty: basic and advanced techniques / S.P. Most, S.F. Rudy // *Facial Plast Surg Clin N Am*. – 2017. – Vol. 25. – P. 161–169.
21. Wang W.W. Comparison on effectiveness of trans-septal suturing versus nasal packing after septoplasty: a systematic review and meta-analysis / W.W. Wang, B.C. Dong // *Eur Arch Otorhinolaryngol*. – 2017. – Vol. 274 (11). – P. 3915-3925.
22. Webb J.C.J. The role of polymetacrylate bone cement in modern orthopedic surgery. / J.C.J. Webb, R.F. Spencer // *The Journal of bone and joint surgery*. – 2007. – Vol. 89 (7). – P. 851-857.
23. Zargaryan B.M. The use of the biopolymer-salt-base composite material “LitAr” for septoplasty / B.M. Zargaryan, S.D. Litvinov // *47e Congres de la Societe francaise de Stomatologie et Chirurgie Maxillo-faciale*, 207. – 2011. – p.30.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Berezova D.K. Primenenie gemostatsicheskogo kleja s cel'ju profilaktiki intra- i poposleposleoperacionnyh oslozhenij pri rinoseptoplastike [Application of hemostatic adhesive for prevention of intra- and postoperative complications during rhinoseptoplasty] / D.K. Berezova, A.V. Bicaeva, A.A. Zabrusskaja // *Molodoj uchenyj [Young Scientist]*. – 2011. – Vol.2. – №2. – P. 147 – 150. [in Russian]
2. Bukina Ju.A. Antibakterial'nye svoystva i mehanizm baktericidnogo dejstviya nanochastich i ionov serebra [Antibacterial properties and mechanism of bactericidal action of nanoparticles and silver ion] / Ju.A. Bukina, E.A. Sergeeva // *Vestnik Kazanskogo tehnologicheskogo universiteta [Bulletin of Kazan Technological University]*. – 2012. – P. 170 – 172. [in Russian]
3. Demina N.B. Primenenie kleevyh kompozicij v hirurgii [Application of adhesive compositions in surgery] / N.B. Demina, L.V. Chernova, Zh.M. Kozlova // *Zhurnal im. N.I. Pirogova [Pirogov Journal. N.I. Pirogov]*. – 2019. – №3. – P. 129 – 134. [in Russian]
4. Krasnozhen V.N. Klinicheskoe obosnovanie primeneniya polimernyh implantatov v vosstanovlenii kostnyh defektov okolonosovyh pazuh [Clinical substantiation of polymeric implants application in restoration of bone defects of paranasal sinuse] / V.N. Krasnozhen, E.M. Pokrovskaja, A.N. Mihalyn // *Rossijskaja rinologija [Russian rhinology]*. – 2013. – № 21 (2). – P. 11 – 95. [in Russian]
5. Litvinov S.D. Perspektivy primeneniya materiala «LitAr» dlja vosstanovlenija hrjashhevoj peregorodki nosa u detej [Prospects of application of «LitAr» material for reconstruction of cartilaginous septum in children] / S.D. Litvinov, A.S. Serjogin, T.B. Pushtova, M.M. Olennikova // *Rossijskaja otorinolaringologija [Russian Otorhinolaryngology]*. – 2006. – № 3(22). – P. 66 – 70. [in Russian]
6. Lopatin A.S. Rekonstruktivnaja hirurgija deformacij peregorodki nosa [Reconstructive surgery of septal deformities] / A. S. Lopatin // *Rossijskaja rinologija [Russian rhinology]*. – 1994. – Pril. 1. – P. 3 – 28. [in Russian]
7. Morozov A.D. Taktika vedenija bol'nyh pri jendonazal'nyh operativnyh vmeshatel'stvah [Management tactics of patients during endonasal surgical interventions]: avtoref. dis. ... kand. med. nauk: 14.01.03 – Bolezni uha, gorla i nosa [Ph. Candidate of medical sciences: 14.01.03 - Diseases of the ear, throat and nose] / A.D. Morozov, – 2019. – 25 p. [in Russian]
8. Pokrovskaja U.M. Ispolzovanie polimernyh implantatov v rekonstruktivnoj hirurgii okolonosovyh pazuh (jeksperimental'noe issledovanie) [Use of polymeric implants in reconstructive surgery of paranasal sinuses (experimental study)] / U.M. Pokrovskaja // *Izvestija Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk [Izvestiya Samara Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences]*. – 2014. – Vol.16. – №5 (4). – P. 1415 – 1417. [in Russian]
9. Popadjuk V.I. Septoplastika s primeneniem gemostatsicheskogo kleja [Septoplasty with hemostatic glue] / V.I. Popadjuk, D.K. Berezova, A.V. Bicaeva // *Mediko-farmaceuticheskij zhurnal «Pul's» [Medical and Pharmaceutical Journal «Pulse»]*. – 2010. – Vol.12. – №4. – P. 545 – 546. [in Russian]
10. Savcova T.V. Principy udlinjajushhej rinoplastiki pri ustranении deformacij nosa [Principles of lengthening rhinoplasty in the elimination of nasal deformities]. avtoref. dis. ... kand. med. nauk: 14.01.03 – Bolezni uha, gorla i nosa [Ph. Candidate of medical sciences: 14.01.03 - Ear, throat and nose diseases] / T.V. Savcova, – M.: – 2001. – 22 p. [in Russian]
11. Sergeeva N.V. Primeneniya kleevyh tehnologij v rinohirurgii [Application of adhesive technologies in rhinosurgery]: avtoref. dis. ... kand. med. nauk: 14.01.03 – Bolezni uha, gorla i nosa [Ph. Candidate of medical sciences: 14.01.03 - Diseases of the ear, throat and nose] / N.V. Sergeeva, – 2019. – 133 p. [in Russian]
12. Shilin V.A. Stimuljacija reparativnogo osteogeneza v jeksperimente na modeli lozhnogo sustava u krysa [Stimulation of reparative osteogenesis in the experimental model of false joint in rats] / V.A. Shilin, A.A. Safronov, T.G. Kozhanova // *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta [Bulletin of Orenburg State University]*. – 2015. – № 3 (178). – P. 218 – 222. [in Russian]
13. Boenisch M. Fibrin glue for operative correction of septal deviations / M. Boenisch, G. F. Nolst Trenite // *HNO – 2004 Nov*; 52(11). – P. 963-967.
14. Huizing E.H. Functional Reconstructive Nasal Surgery / H. Egbert Huizing, A.M. Johan. – New York : Georg Thieme Verlag, Thieme, – 2003. – 115 p.
15. Gillman G. S. Revision septoplasty: a prospective disease-specific outcome study / G.S. Gillman, A.M. Egloff, C.M. RiveraSerrano // *Laryngoscope*. – 2014. – Vol. 124 (6). – P. 1290–5.

16. Gubisch W. The extracorporeal septum plasty: a technique to correct difficult nasal deformities / W. Gubisch // *Plast. Reconstr Surg.* – 1995. – Vol. 95. – P. 672–682.
17. Kim J.S. Is nonabsorbable nasal packing after septoplasty essential? A meta-analysis / Kim J. S., Kwon S. H. // *Laryngoscope.* – 2017. – Vol. 127, N 5. – P. 1026 – 1031.
18. Klinger M. Microcirculation of the nasal mucosa during use of balloon tamponade / M. Klinger, R. Siegert // *Journal Laryngorhinootologie.* – 1997. – Vol. 76 (3). – P. 127-130.
19. Litvinov S.D. Clinical application experience of collagen-apatite-base implants / S.D. Litvinov, A.F. Krasnov, G.N. Ter-Asaturov et al. // *Actualites en Biomateriaux*, vol.V, Romillat, Paris, – 2000. – P. 343-347.
20. Most S.P. Septoplasty: basic and advanced techniques / S.P. Most, S.F. Rudy // *Facial Plast Surg Clin N Am.* – 2017. – Vol. 25. – P. 161–169.
21. Wang W.W. Comparison on effectiveness of trans-septal suturing versus nasal packing after septoplasty: a systematic review and meta-analysis / W.W. Wang, B.C. Dong // *Eur Arch Otorhinolaryngol.* – 2017. – Vol. 274 (11). – P. 3915-3925.
22. Webb J.C.J. The role of polymetacrylate bone cement in modern orthopedic surgery. / J.C.J. Webb, R.F. Spencer // *The Journal of bone and joint surgery.* – 2007. – Vol. 89 (7). – P. 851-857.
23. Zargaryan B.M. The use of the biopolymer-salt-base composite material “LitAr” for septoplasty / B.M. Zargaryan, S.D. Litvinov // *47e Congres de la Societe francaise de Stomatologie et Chirurgie Maxillo-faciale*, 207. – 2011. – p.30.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2021.113.11.063>**ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ СВОБОДНОРАДИКАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ
В РОТОВОЙ ЖИДКОСТИ БОЛЬНЫХ С ПЕРИИМПЛАНТИТОМ**

Научная статья

Кизим А.Н.¹, Шумский А.В.², Павлова О.Н.^{3,*}, Гуленко О.Н.⁴³ ORCID: 0000-0002-8055-1958;⁴ ORCID: 0000-0001-6338-7095;¹ Центр стоматологии и базальной имплантации Доктора Кизима, Саранск, Россия;² Лечебно-учебный центр профессора Шумского, Самара, Россия;^{3,4} Самарский государственный медицинский университет Министерства здравоохранения Российской Федерации, Самара, Россия;^{3,4} Самарский государственный университет путей сообщения, Самара, Россия

* Корреспондирующий автор ((casiopeya13[at]mail.ru)

Аннотация

Периимплантит, как воспалительный процесс, стимулирует метаболические нарушения в мягких и твердых тканях и способствует развитию оксидативного стресса. Цель нашего исследования состояла в изучении интенсивности свободнорадикальных процессов в ротовой жидкости больных с периимплантитом и выявлении оптимальной терапии данного состояния. В ходе исследования была изучена ротовая жидкость 120 человек с диагнозом периимплантит, разделенных на 4 группы поровну: 1 группа – контрольная; 2 группа – пациенты с терапией периимплантита препаратами бора; 3 группа – пациенты с терапией периимплантита димефосфоном; 4 группа – пациенты с терапией периимплантита препаратами бора и димефосфоном комплексно. С целью оценки интенсивности свободнорадикального окисления в ротовой жидкости определяли продукты окислительной модификации биомолекул на основании количественной оценки окрашенного комплекса с тиобарбитуровой кислотой (ТБК), определяли показатели максимума вспышки (МВХЛ) и площади (ПХЛ) H₂O₂-индуцируемой люминол-зависимой хемилюминесценции, оценивали концентрацию малонового диальдегида и диеновых конъюгатов с помощью стандартных методов. Установили, что терапия препаратами бора, димефосфоном и комплексное применение препаратов бора и димефосфона способствует восстановлению нарушенного окислительного гомеостаза в ротовой жидкости и комплексная терапия является наиболее эффективной.

Ключевые слова: периимплантит, оксидативный стресс, малоновый диальдегид, диеновые конъюгаты, реактивные продукты окисления тиобарбитуровой кислоты.

**AN INVESTIGATION OF THE INTENSITY OF FREE RADICAL PROCESSES
IN THE ORAL FLUID OF PATIENTS WITH PERI-IMPLANTITIS**

Research article

Kizim A.N.¹, Shumsky A.V.², Pavlova O.N.^{3,*}, Gulenko O.N.⁴³ ORCID: 0000-0002-8055-1958;⁴ ORCID: 0000-0001-6338-7095;¹ Center of Dentistry and Basal Implantation of Dr. Kizim (Tsentr stomatologii i bazalnoy implantatsii Doktora Kizima), Saransk, Russia;² Medical and Educational Center of Professor Shumsky (Lechebno-uchebnyi tsentr professora Shumskogo), Samara, Russia;^{3,4} Samara State Transport University, Samara, Russia;^{3,4} Samara State Medical University, Samara, Russia

* Corresponding author (casiopeya13[at]mail.ru)

Abstract

As an inflammatory process, peri-implantitis stimulates metabolic disorders in soft and hard tissues and contributes to the development of oxidative stress. The purpose of this study was to study the intensity of free radical processes in the oral fluid of patients with peri-implantitis and to identify the optimal therapy for this condition. The research examines the oral fluid of 120 people diagnosed with peri-implantitis divided into 4 groups equally: group 1 - the control group; group 2 – patients with peri-implantitis therapy with boron preparations; group 3 - patients with peri-implantitis therapy with dimephosphone; group 4 – patients with peri-implantitis therapy with boron and dimephosphone complex. In order to assess the intensity of free radical oxidation in the oral fluid, the study determines the products of oxidative modification of biomolecules based on a quantitative assessment of the stained complex with thiobarbituric acid; the study also determines the flash maximum, and the area of H₂O₂-induced luminol-dependent chemiluminescence, and the concentration of malondialdehyde and diene conjugates using standard methods. The authors establish that therapy with boron preparations, dimephosphone and the complex use of boron and dimephosphone preparations contributes to the restoration of impaired oxidative homeostasis in the oral fluid; it is also found that complex therapy is the most effective.

Keywords: peri-implantitis, oxidative stress, malonic acid, diene conjugates, reactive oxidation products of thiobarbituric acid.

Введение

В настоящее время, под периимплантитом понимают воспалительный процесс в области десневой манжетки и на ограниченном участке раздела имплантат/костная ткань, сопровождающийся резорбцией костной ткани, образованием костных карманов и замещением резорбированных участков грануляционной тканью в зоне воспаления [1].

Биохимическую основу вышеуказанных изменений при периимплантите составляют нарушения метаболизма в мягких и твердых тканях, для которых характерны микроциркуляторные нарушения, деполимеризация коллагена и гликозаминогликанов соединительнотканых структур [2].

Ведущую роль в механизме метаболических изменений при периимплантите играет гипоксия, которая развивается вследствие микроциркуляторных расстройств, что ведет к дисбалансу прооксидантно-антиоксидантной системы и развитию окислительного стресса. В ротовой полости в норме активно протекают свободнорадикальные процессы, но их интенсификация при патологии способствует повреждению клеточных мембран, модуляции апоптоза, отражающих неблагоприятное состояние системы неспецифической защиты на местном уровне и/или наличие нарушений в функционировании внутренних органов [1], [3], [4].

Выявленное при периимплантите повреждение сосудов, играет важную роль в изменении тканевого дыхания и обмена веществ в околозубных тканях, определяя развитие в них дистрофических реакций. Гипоксия при периимплантите может носить системный или локальный характер. Нередко периимплантите развивается вследствие заболеваний различных внутренних органов, однако независимо от происхождения недостаток кислорода в тканях пародонта ведет к снижению интенсивности тканевого дыхания и дефициту энергии, что лежит в основе как структурных, так и функциональных нарушений в них и определяет тяжесть периимплантите [1], [4], [5].

Субстратами для свободных радикалов, в первую очередь в гидрофобной части клеточной мембраны, являются полиненасыщенные жирные кислоты. Процесс перекисидации сопровождается: деформацией мембранно-липидного комплекса, увеличением проницаемости для H^+ и воды, ингибированием мембранных ферментов, появлением «пор» в структуре, а в конечном итоге цитоллизом и гибелью клетки. Общими признаками мембранной патологии, вызванной активацией перекисного окисления липидов, являются: увеличение гидрофильности мембран и, вследствие этого, усиление их проницаемости для ионов кальция, других ионов, разобщение тканевого дыхания и окислительного фосфорилирования, нарушение ферментных функций, ослабление связи фосфолипидов со структурными и рецепторными белками мембран, инактивация тиоловых энзимов, SH-групп аминокислот и белков, повреждение ДНК, набухание и лизис мембран с последующим аутолизом клетки. Все эти изменения отражаются на состоянии здоровья пациента и требуют поиска средств не только профилактики и лечения периимплантите, но и купирования оксидативного стресса [6], [7], [8].

Таким образом, цель нашего исследования состояла в изучении интенсивности свободнорадикальных процессов в ротовой жидкости больных с периимплантитом и выявлении оптимальной терапии данного состояния.

Для реализации поставленной цели нам необходимо было решить следующие задачи: оценить интенсивность свободнорадикального окисления в ротовой жидкости пациентов с периимплантитом без терапии и после терапии препаратами бора, димефосфоном и комплексном применении препаратов бора и димефосфона.

Материалы и методы

В ходе исследования была изучена ротовая жидкость 120 человек с диагнозом периимплантит (66 женщин и 54 мужчины) в возрасте от 30 до 60 лет, разделенных на 4 группы поровну: 1 группа – контрольная; 2 группа – пациенты с терапией периимплантите препаратами бора; 3 группа – пациенты с терапией периимплантите димефосфоном; 4 группа – пациенты с терапией периимплантите препаратами бора и димефосфоном комплексно.

Терапия периимплантите димефосфоном осуществлялась с помощью электрофореза 1,5 % раствора по общепринятой методике на область десны, введение препарата с катода при силе тока 35 мА в течение 15 мин через день, в течение 30 дней (курс 15 процедур).

Терапия периимплантите препаратами бора включала потребление пациентами в течение 30 дней 1 раз в сутки биологически активной добавки «NOW Boron», содержащей 3 мг бора.

Комплексная терапия периимплантите включала употребление пациентами биологически активной добавки в течение 30 дней в сочетании с электрофорезом 1,5 % раствора димефосфона через сутки (15 процедур) в течении 30 дней.

С целью оценки интенсивности свободнорадикального окисления в ротовой жидкости определяли продукты окислительной модификации биомолекул на основании количественной оценки окрашенного комплекса с тиобарбитуровой кислотой (ТБК), определяли показатели максимума вспышки (МВХЛ) и площади (ПХЛ) H_2O_2 -индуцируемой люминол-зависимой хемилюминесценции с помощью хемилюминотестера LT-01 («Horus» «Joint Venture Soviet-Swedish Company»), оценивали концентрацию малонового диальдегида и диеновых конъюгатов с помощью стандартных методов.

У пациентов утром натощак собирали методом сплевывания после ополаскивания ротовой полости дистиллированной водой ротовую жидкость в пробирки и подвергали центрифугированию в течение 15 минут при 2000 g и для дальнейших исследований использовали прозрачный супернатант [9], [10].

Цифровой материал всех экспериментов подвергали статистической обработке с помощью пакета программ STATISTICA Application 10.0.1011.0. В работе использовались непараметрические методы анализа.

Основные результаты

В ходе проведенных исследований была выявлена интенсификация свободнорадикальных процессов у пациентов с периимплантитом (табл. 1).

Таблица 1 – Показатели интенсивности свободнорадикальных процессов в ротовой жидкости больных с перимплантитом

Показатель	Здоровые пациенты	Сутки исследования	Контрольная группа	1 группа	2 группа	3 группа
ТБК-РП, мкмоль/л	4,21±0,147	0	10,72±0,37	10,86±0,39	10,64±0,38	10,81±0,39
		30	11,26±0,38	6,91±0,26	6,03±0,20	5,48±0,19
МВХЛ усл.ед.	0,7558±0,026	0	1,5233±0,055	1,5166±0,047	1,5200±0,046	1,5267±0,052
		30	1,6233±0,059	0,9800±0,037	0,9233±0,029	0,8367±0,029
ПХЛ усл.ед.	1,0171±0,037	0	1,8067±0,068	1,8033±0,056	1,8103±0,071	1,8146±0,067
		30	1,9033±0,070	1,4200±0,041	1,3846±0,048	1,2029±0,043
МДА мкат/л	2,15±0,07	0	6,31±0,21	6,29±0,19	6,37±0,23	6,35±0,23
		30	6,47±0,25	3,15±0,11	2,97±0,10	2,51±0,09
ДК, усл.ед.	0,2663±0,006	0	0,2985±0,011	0,2967±0,010	0,2973±0,009	0,2986±0,010
		30	0,3001±0,012	0,2803±0,011	0,2721±0,009	0,2641±0,011

По результатам, представленным в таблице, концентрация ТБК-РП в ротовой жидкости группы пациентов с перимплантитом без терапии была существенно выше физиологической нормы и продолжала возрастать на протяжении исследования, что соответствует интенсификации процессов воспаления. Концентрация ТБК-РП в ротовой жидкости пациентов 1 основной группы на момент начала исследования также была в 2,6 раза выше показателей здоровых людей, но терапия препаратами бора на протяжении 30 суток способствовала значительному снижению концентрации реактивных продуктов окисления тиобарбитуровой кислоты. У пациентов 2 основной группы на момент начала исследования наблюдалась аналогичная первой основной группе тенденция повышения в ротовой жидкости концентрации ТБК-РП на фоне перимплантита в 2,5 раза по сравнению с параметрами здоровых пациентов, но терапия димефосфоном в аналогичный временной период привела к снижению данного показателя. В отношении 3 основной группы также отмечена повышенная концентрация ТБК-РП в ротовой жидкости пациентов и стабильное снижение данного параметра на фоне терапии препаратами бора и димефосфоном совместно эффективнее, чем терапия препаратами бора и димефосфона по отдельности.

В отношении оценки максимума вспышки хемилюминесценции установлено, что до начала исследования у пациентов контрольной группы и трех основных групп наблюдается увеличение этого показателя в среднем в 2 раза по сравнению с таковым у здоровых людей и при отсутствии терапии МВХЛ продолжает расти. На фоне терапии препаратами бора и димефосфона по отдельности, а также при комплексном их использовании наблюдается снижение данного показателя.

Оценка площади хемилюминесценции ротовой жидкости позволила установить, что у пациентов с перимплантитом наблюдается возрастание данного параметра на фоне воспалительных процессов, стимулирующих выработку свободных радикалов и отсутствие терапии усугубляет этот процесс. Терапия исследуемыми субстанциями нормализует нарушенное окислительно-восстановительное равновесие в ротовой жидкости и позволяет снизить параметр почти до физиологической нормы.

В ротовой жидкости концентрация диеновых конъюгатов и малонового диальдегида у пациентов на фоне перимплантита была достаточно высокой по сравнению с показателями здоровых людей. Отсутствие терапии способствовало росту концентрации этих продуктов окисления. Терапия препаратами бора, димефосфоном и их совместное применение способствовали снижению интенсивности свободнорадикальных процессов и возврату изучаемых параметров к физиологической норме.

Описательная статистика динамики концентрации ТБК-РП в ротовой жидкости пациентов представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Описательная статистика динамики концентрации ТБК-РП в ротовой жидкости больных с перимплантитом

Сутки	N	M мкмоль/л	Me мкмоль/л	Min	Max	25 Per	75 Per	10 Per	90 Per
Контрольная группа									
0 день	30	10,71800	10,54000	9,240000	12,78000	10,24000	11,32000	9,360000	12,22000
30 сутки	30	11,26267	11,38500	9,210000	12,74000	10,36000	12,32000	9,595000	12,51000
1-основная группа									
0 день	30	10,85700	10,54000	9,210000	13,25000	9,67000	11,65000	9,530000	12,31500
30 сутки	30	6,90867	6,95000	5,300000	7,90000	6,69000	7,30000	6,280000	7,47500

Окончание таблицы 2 – Описательная статистика динамики концентрации ТБК-РП в ротовой жидкости больных с перимплантитом

Сутки	N	M мкмоль/л	Me мкмоль/л	Min	Max	25 Per	75 Per	10 Per	90 Per
2-основная группа									
0 день	30	10,63767	10,36000	9,410000	12,36000	9,65000	11,54000	9,505000	12,03000
30 сутки	30	6,03200	6,15000	5,120000	7,21000	5,54000	6,41000	5,220000	6,69500
3-основная группа									
0 день	30	10,81200	10,74000	9,210000	12,36000	10,23000	11,41000	9,625000	12,31000
30 сутки	30	5,47967	5,34000	4,250000	6,90000	5,21000	5,85000	4,775000	6,28500

В контрольной группе пациентов концентрация ТБК-РП в ротовой жидкости с течением времени исследования возросла на 5,04 %. В первой основной группе пациентов на фоне терапии перимплантита препаратами бора концентрация ТБК-РП в ротовой жидкости за 30 суток исследования снизилась на 36,3 %. У пациентов второй основной группы на фоне терапии перимплантита димефосфоном установлено снижение концентрации ТБК-РП в ротовой жидкости на 43,3 %, а у пациентов, получающих препараты бора и димефосфон комплексно – снизилась на 49,4 %.

Описательная статистика динамики максимума вспышки хемилюминесценции ротовой жидкости пациентов представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Описательная статистика динамики максимума вспышки хемилюминесценции ротовой жидкости больных с перимплантитом

Сутки	N	M усл.ед.	Me усл.ед.	Min	Max	25 Per	75 Per	10 Per	90 Per
Контрольная группа									
0 день	30	1,523333	1,500000	1,200000	1,900000	1,500000	1,600000	1,300000	1,700000
30 сутки	30	1,623333	1,600000	1,300000	1,900000	1,500000	1,700000	1,500000	1,800000
1-основная группа									
0 день	30	1,516667	1,500000	1,200000	1,800000	1,400000	1,600000	1,300000	1,700000
30 сутки	30	0,980000	1,000000	0,800000	1,100000	0,900000	1,100000	0,900000	1,100000
2-основная группа									
0 день	30	1,520000	1,500000	1,200000	1,800000	1,400000	1,600000	1,350000	1,750000
30 сутки	30	0,923333	0,900000	0,700000	1,100000	0,900000	1,000000	0,800000	1,000000
3-основная группа									
0 день	30	1,516667	1,500000	1,200000	1,800000	1,400000	1,600000	1,350000	1,750000
30 сутки	30	0,836667	0,800000	0,700000	1,000000	0,800000	0,900000	0,700000	0,900000

В контрольной группе пациентов максимум вспышки хемилюминесценции ротовой жидкости с течением времени исследования увеличился на 6,56 %. В первой основной группе пациентов на фоне терапии перимплантита препаратами бора максимум вспышки хемилюминесценции ротовой жидкости за 30 суток исследования снизился на 35,4 %. У пациентов второй основной группы на фоне терапии перимплантита димефосфоном установлено снижение максимума вспышки хемилюминесценции ротовой жидкости на 39,3 %, а у пациентов, получающих препараты бора и димефосфон комплексно – снизилась на 44,8 %.

Описательная статистика динамики площади хемилюминесценции ротовой жидкости пациентов представлена в таблице 4.

Таблица 4 – Описательная статистика динамики площади хемилюминесценции ротовой жидкости больных с перимплантитом

Сутки	N	M усл.ед.	Me усл.ед.	Min	Max	25 Per	75 Per	10 Per	90 Per
Контрольная группа									
0 день	30	1,806667	1,800000	1,500000	2,200000	1,700000	1,900000	1,650000	2,000000
30 сутки	30	1,903333	1,900000	1,600000	2,200000	1,800000	2,000000	1,700000	2,100000

Окончание таблицы 4 – Описательная статистика динамики площади хемилюминесценции ротовой жидкости больных с периимплантизмом

Сутки	N	M усл.ед.	Me усл.ед.	Min	Max	25 Per	75 Per	10 Per	90 Per
1-основная группа									
0 день	30	1,803333	1,800000	1,500000	2,100000	1,700000	1,900000	1,600000	2,000000
30 сутки	30	1,420000	1,400000	1,200000	1,700000	1,300000	1,500000	1,200000	1,600000
2-основная группа									
0 день	30	1,806667	1,800000	1,500000	2,100000	1,700000	1,900000	1,600000	2,000000
30 сутки	30	1,380000	1,400000	1,200000	1,600000	1,300000	1,500000	1,200000	1,600000
3-основная группа									
0 день	30	1,813333	1,800000	1,500000	2,100000	1,700000	1,900000	1,600000	2,000000
30 сутки	30	1,196667	1,200000	1,000000	1,400000	1,100000	1,300000	1,050000	1,300000

Согласно табличным данным, в контрольной группе пациентов площадь хемилюминесценции ротовой жидкости с течением времени исследования увеличился на 5,35 %. В первой основной группе пациентов на фоне терапии периимплантизма препаратами бора площадь хемилюминесценции ротовой жидкости за 30 суток исследования снизился на 21,3 %. У пациентов второй основной группы на фоне терапии периимплантизма димефосфоном установлено снижение площади хемилюминесценции ротовой жидкости на 23,6 %, а у пациентов, получающих препараты бора и димефосфон комплексно – снизилась на 34,0 %.

Описательная статистика динамики концентрации малонового диальдегида в ротовой жидкости пациентов представлена в таблице 5.

Таблица 5 – Описательная статистика динамики концентрации малонового диальдегида в ротовой жидкости пациентов с периимплантизмом

Сутки	N	M мкат/л	Me мкат/л	Min	Max	25 Per	75 Per	10 Per	90 Per
Контрольная группа									
0 день	30	6,312000	6,300000	5,260000	7,650000	6,100000	6,500000	5,730000	7,050000
30 сутки	30	6,465667	6,315000	5,410000	7,650000	6,200000	6,560000	6,000000	7,390000
1-основная группа									
0 день	30	6,294333	6,310000	5,300000	7,600000	6,100000	6,560000	5,435000	7,000000
30 сутки	30	3,149667	3,155000	2,140000	3,780000	3,130000	3,180000	3,100000	3,430000
2-основная группа									
0 день	30	6,372333	6,350000	5,210000	7,540000	6,200000	6,850000	5,410000	7,165000
30 сутки	30	2,971333	2,945000	2,580000	3,650000	2,850000	2,990000	2,725000	3,295000
3-основная группа									
0 день	30	6,372333	6,350000	5,210000	7,540000	6,200000	6,850000	5,410000	7,165000
30 сутки	30	2,510333	2,505000	2,100000	2,950000	2,410000	2,570000	2,295000	2,825000

По данным, представленным в таблице, в контрольной группе пациентов концентрация малонового диальдегида в ротовой жидкости с течением времени исследования увеличилась на 2,43 %. В первой основной группе пациентов на фоне терапии периимплантизма препаратами бора концентрация малонового диальдегида в ротовой жидкости за 30 суток исследования снизилась на 49,9 %. У пациентов второй основной группы на фоне терапии периимплантизма димефосфоном установлено снижение концентрации малонового диальдегида в ротовой жидкости на 53,4 %, а у пациентов, получающих препараты бора и димефосфон комплексно – снизилась на 60,6 %.

Описательная статистика динамики концентрации диеновых конъюгатов в ротовой жидкости пациентов представлена в таблице 6.

Таблица 6 – Описательная статистика динамики концентрации диеновых конъюгатов в ротовой жидкости пациентов с периимплантизмом

Сутки	N	M усл. ед.	Me усл. ед.	Min	Max	25 Per	75 Per	10 Per	90 Per
Контрольная группа									
0 день	30	0,290333	0,290000	0,250000	0,350000	0,280000	0,300000	0,265000	0,310000
30 сутки	30	0,296333	0,295000	0,250000	0,350000	0,280000	0,310000	0,270000	0,320000

Окончание таблицы 6 – Описательная статистика динамики концентрации диеновых конъюгатов в ротовой жидкости пациентов с периимплантитом

Сутки	N	M усл. ед.	Me усл. ед.	Min	Max	25 Per	75 Per	10 Per	90 Per
1-основная группа									
0 день	30	0,296700	0,290000	0,250000	0,360000	0,270000	0,300000	0,260000	0,315000
30 сутки	30	0,280300	0,280000	0,250000	0,320000	0,270000	0,300000	0,250000	0,310000
2-основная группа									
0 день	30	0,297300	0,290000	0,250000	0,360000	0,270000	0,310000	0,255000	0,335000
30 сутки	30	0,272107	0,270000	0,230000	0,360000	0,250000	0,290000	0,245000	0,300000
3-основная группа									
0 день	30	0,298633	0,280000	0,240000	0,360000	0,270000	0,310000	0,255000	0,320000
30 сутки	30	0,264107	0,260000	0,230000	0,360000	0,250000	0,280000	0,240000	0,285000

По данным, представленным в таблице, в контрольной группе пациентов концентрация конъюгатов в ротовой жидкости с течением времени исследования увеличилась незначительно. В первой основной группе пациентов на фоне терапии периимплантита препаратами бора концентрация диеновых конъюгатов в ротовой жидкости за 30 суток исследования снизилась на 5,52 %. У пациентов второй основной группы на фоне терапии периимплантита димефосфоном установлено снижение концентрации диеновых конъюгатов в ротовой жидкости на 8,47 %, а у пациентов, получающих препараты бора и димефосфон комплексно – снизилась на 11,56 %.

Также была проведена статистическая обработка результатов исследования путем непараметрического статистического анализа с целью установления достоверности различий результатов оценки интенсивности свободнорадикальных процессов в ротовой жидкости больных с периимплантитом до терапии и после с использованием критерия Вилкоксона (табл.7.).

Таблица 7 – Достоверность различий результатов оценки интенсивности свободнорадикальных процессов в ротовой жидкости больных с периимплантитом до терапии и после

Группы	Число наблюдений	T	Z	p-level
Концентрация ТБК-РП в ротовой жидкости				
Контрольная группа	23	66,00000	2,189877	0,028534
1 основная группа	30	0,00	4,782139	0,000002
2 основная группа	30	0,00	4,782139	0,000002
3 основная группа	30	0,00	4,782139	0,000002
Максимум вспышки хемилюминесценции ротовой жидкости				
Контрольная группа	11	0,00	2,934058	0,003346
1 основная группа	30	0,00	4,782139	0,000002
2 основная группа	30	0,00	4,782139	0,000002
3 основная группа	30	0,00	4,782139	0,000002
Площадь хемилюминесценции ротовой жидкости				
Контрольная группа	11	3,000000	2,667325	0,007646
1 основная группа	29	0,00	4,703046	0,000003
2 основная группа	29	0,00	4,703046	0,000003
3 основная группа	30	0,00	4,782139	0,000002
Концентрация малонового диальдегида				
Контрольная группа	7	0,00	2,366432	0,017961
1 основная группа	30	0,00	4,782139	0,000002
2 основная группа	30	0,00	4,782139	0,000002
3 основная группа	30	0,00	4,782139	0,000002
Концентрация диеновых конъюгатов				
Контрольная группа	3	100,0000	1,154701	0,248213
1 основная группа	3	0,00	1,603567	0,108810
2 основная группа	11	0,00	2,934058	0,003346
3 основная группа	12	0,00	3,059412	0,002218

Согласно представленным данным, исходные данные концентрации ТБК-РП, максимума вспышки хемилюминесценции ротовой жидкости, площади хемилюминесценции ротовой жидкости и концентрации малонового диальдегида в контрольной группе и трех основных группах достоверно отличаются от данных, полученных в конце исследования. Концентрация диеновых конъюгатов в ротовой жидкости пациентов контрольной группы и первой основной группы в начале и в конце исследования не имеет достоверных различий, а у второй и третьей основных групп – достоверно отличается. Достоверное изменение в сторону увеличения концентрации ТБК-

РП, максимума вспышки хемилюминисценции ротовой жидкости, площади хемилюминисценции ротовой жидкости и концентрации малонового диальдегида в течение времени в контрольной группе свидетельствует о нарастающем воспалении и интенсификации свободнорадикальных процессов без терапии. Достоверное отличие исходных и конечных данных в отношении концентрации ТБК-РП, максимума вспышки хемилюминисценции ротовой жидкости, площади хемилюминисценции ротовой жидкости, концентрации малонового диальдегида и диеновых конъюгатов у пациентов 1, 2 и 3 основных групп свидетельствует об эффективности проведения терапии при периимплантите и нормализации окислительного гомеостаза в ротовой жидкости.

Выводы

При периимплантите наблюдается развитие окислительного стресса в ротовой полости, что, вероятнее всего, является отражением системных метаболических изменений. Терапия препаратами бора, димефосфоном и комплексное применения препаратов бора и димефосфона способствует восстановлению нарушенного окислительного гомеостаза в ротовой жидкости и комплексная терапия является наиболее эффективной.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Гударьян А.А. Результаты комплексного лечения дентального периимплантита / А.А. Гударьян, С.В. Ширинкин // *Sciences of Europe*. – 2016. – Т. 2, – №. 9. – С. 38–44.
2. Гильмиярова Ф.Н. Аналитические подходы к изучению показателей метаболизма в ротовой жидкости / Ф.Н. Гильмиярова: Учебное пособие. – М., – 2006. – 307 с.
3. Седунов А.А. Показатели свободнорадикального окисления слюны у лиц, пользующихся в обычных условиях и при наличии производственных вредности протезами из разных материалов / А.А. Седунов, С.М. Плешкова, Е.Я. Ратманова // *Стоматология*. – 1990. – С. 52–54.
4. Горкунова А.Р. Изменение иммунологической реактивности и функционирование тиоловой системы антиоксидантной защиты на локальном и системном уровне при хроническом пародонтите и коморбидной патологии / А.Р. Горкунова, И.М. Быков, А.А. Басов и др. // *Аллергология и иммунология*. – 2014. – Т. 15. – № 3. – С. 186–190.
5. Li S. Dexmedetomidine analgesia effects in patients undergoing dental implant surgery and its impact on postoperative inflammatory and oxidative stress / S. Li, Y. Yang, C. Yu et al. // *Oxid. Med. Cell. Longev.* – 2015. – P. 186736. – DOI: 10.1155/2015/186736. – Epub. 2015 Jun 15.
6. Горкунова А.Р. Изменение биохимических показателей в ротовой жидкости при вторичной адентии на фоне хронического генерализованного пародонтита / А.Р. Горкунова // *Научное обозрение. Мед. науки*. – 2015, – №1, – С. 136–137.
7. Толмачёв В.Е. Комплексная профилактика периимплантитов при дентальной имплантации / В.Е. Толмачёв, П.А. Железный, А.П. Пешко и др. // *Материалы XIX и XX Всерос. науч.-практ. конф., г. Москва, 22-24 апреля и 13 сентября 2008 г.* – М., – 2008. – С. 137–139.
8. Епифанов С.А. Комплексная коррекция воспалительных осложнений на этапах реабилитации пациентов после дентальной имплантации / С.А. Епифанов, О.Б. Витрик, А.П. Пешко [и др.] // *Челюстно-лицевая хирургия : материалы Второго Сибирского конгр. ; Новые технологии в стоматологии : материалы Всерос. симп., г. Новосибирск, 13-16 февраля 2007 г.* – Новосибирск, – 2007. – С. 204–207.
9. Кочурова Е.В. Диагностические возможности слюны / Е.В. Кочурова, С.В. Козлов // *Клиническая лабораторная диагностика*. – 2014. – № 1. – С. 13–15.
10. Вавилова Т.П. Биохимия тканей и жидкостей полостей рта : учеб. пособ. / Т. П. Вавилова. – ГЭОТАР-Медиа, – 2008. – 208 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Gudar'jan A.A. Rezul'taty kompleksnogo lechenija dental'nogo periimplantita [Results of complex treatment of dental peri-implantitis] / A.A. Gudar'jan, S.V. Shirinkin // *Sciences of Europe*. – 2016. – Vol. 2, – №. 9. – P. 38–44. [in Russian]
2. Gil'mijarova F.N. Analiticheskie podhody k izucheniju pokazatelej metabolizma v rotovoj zhidkosti: Uchebnoe posobie [Analytical approaches to the study of metabolic indicators in oral fluid: Training manual]. – М., – 2006. – 307 p. [in Russian]
3. Sedunov A.A. Pokazатели svobodnoradikal'nogo okislenija sljunny u lic, pol'zujushhihsja v obychnyh uslovijah i pri nalichii proizvodstvennyh vrednosti protezami iz raznyh materialov [Indexes of free radical oxidation of saliva in persons using in usual conditions and in the presence of industrial hazards prostheses from different materials] / A.A. Sedunov, S.M. Pleshkova, E.Ja. Ratmanova // *Stomatologija* [Stomatology]. – 1990. – P. 52–54. [in Russian]
4. Gorkunova A.R. Izmenenie immunologicheskoj reaktivnosti i funkcionirovanie tiolovoj sistemy antioksidantnoj zashhity na lokal'nom i sistemnom urovne pri hronicheskom parodontite i komorbidnoj patologii [Change of immunological reactivity and thiol system functioning of antioxidant protection at local and systemic levels in chronic periodontitis and comorbid pathology] / A.R. Gorkunova, I.M. Bykov, A.A. Basov et al. // *Allergologija i immunologija* [Allergology and Immunology]. – 2014. – Vol. 15. – № 3. – P. 186–190. [in Russian]
5. Li S. Dexmedetomidine analgesia effects in patients undergoing dental implant surgery and its impact on postoperative inflammatory and oxidative stress / S. Li, Y. Yang, C. Yu et al. // *Oxid. Med. Cell. Longev.* – 2015. – P. 186736. – DOI: 10.1155/2015/186736. – Epub. 2015 Jun 15.
6. Gorkunova A.R. Izmenenie biohimicheskikh pokazatelej v rotovoj zhidkosti pri vtorichnoj adentii na fone hronicheskogo generalizovannogo parodontita [Variation of biochemical parameters in oral fluid in secondary adentia against the background of chronic generalized periodontitis]. / A.R. Gorkunova // *Nauchnoe obozrenie. Med. nauki*. [Scientific review. Med. sciences.] – 2015, – №1, – P. 136–137. [in Russian]

7. Tolmachjov V.E. Kompleksnaja profilaktika periimplantitov pri dental'noj implantacii [Complex prophylaxis of peri-implantitis during dental implantation] / V.E. Tolmachjov, P.A. Zheleznyj, A.P. Peshko et al. // Materialy XIX i XX Vseros. nauch.-prakt. konf., g. Moskva, 22-24 aprelja i 13 sentjabrja [Materials of XIX and XX All-Russian scientific and practical conferences, Moscow, April 22-24 and September] 2008 g. – M., – 2008. – P. 137–139. [in Russian]

8. Epifanov S.A. Kompleksnaja korekcija vospalitel'nyh oslozhnenij na jetapah rehabilitacii pacientov posle dental'noj implantacii [Complex correction of inflammatory complications at the stages of rehabilitation of patients after dental implantation] / S.A. Epifanov, O.B. Vitrik, A.P. Peshko et al. // Cheljustno-licevaja hirurgija : materialy Vtorogo Sibirskogo kongr. ; Novye tehnologii v stomatologii : materialy Vseros. simp., g. Novosibirsk, 13-16 fevralja [Maxillofacial surgery : materials of the Second Siberian Congress. New technologies in dentistry : materials of All-Russian symposium, Novosibirsk, February 13-16] 2007 g. – Novosibirsk, – 2007. – P. 204–207. [in Russian]

9. Kochurova E.V. Diagnosticheskie vozmozhnosti sljunny [Diagnostic capabilities of saliva] / E.V. Kochurova, S.V. Kozlov // Klinicheskaja laboratornaja diagnostika [Clinical Laboratory Diagnostics]. – 2014. – № 1. – P. 13–15. [in Russian]

10. Vavilova T.P. Biohimija tkanej i zhidkостей polostej rta : ucheb. Posob [Biochemistry of oral tissues and fluids : textbook.] / T. P. Vavilova. – GJeOTAR -Media [GEOTAR-Media], – 2008. – 208 p. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2021.113.11.064>**ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЛИПИДНОГО ОБМЕНА У РАБОТНИКОВ, ПОДВЕРГАЮЩИХСЯ ВОЗДЕЙСТВИЮ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ**

Научная статья

Кузьмина Л.П.¹, Кислякова А.А.^{2,*}, Безрукавникова Л.М.³, Хотулева А.Г.⁴, Османова П.Ш.⁵¹ ORCID: 0000-0001-6334-9814;³ ORCID: 0000-0002-0430-4154;⁴ ORCID: 0000-0003-0359-1785;¹⁻⁵ Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова, Москва, Россия

* Корреспондирующий автор (agat.iwanowa2017[at]yandex.ru)

Аннотация

Настоящее исследование направлено на изучение влияния электромагнитных полей производственной частоты (ЭМП ПЧ) на показатели липидного обмена у сотрудников электроэнергетической отрасли. В рамках проведения периодического медицинского осмотра на базе клиники ФГБНУ «НИИ МТ» было проведено обследование 68 человек, подвергающихся воздействию ЭМП ПЧ. В группу сравнения были отобраны 40 практически здоровых людей, не имеющих контакта с вредными производственными факторами. В сыворотке крови обследованных определяли уровни общего холестерина (ОХ), триглицеридов (Тг), холестерина липопротеидов высокой плотности (ХС ЛПВП), холестерина липопротеидов низкой плотности (ХС ЛПНП) и проводили расчет индекса атерогенности (ИА). Было выявлено повышение уровня показателей ОХ, ХС ЛПНП и ИА в основной группе по сравнению с контрольной. При этом наибольшие различия были выявлены среди обследуемых 40 – 49 лет. Полученные данные могут свидетельствовать о влиянии хронического воздействия ЭМП ПЧ на развитие нарушений липидного обмена.

Ключевые слова: электромагнитные поля промышленной частоты, липидный обмен, холестерин, триглицериды.

AN ASSESSMENT OF LIPID METABOLISM INDICATORS IN WORKERS EXPOSED TO ELECTROMAGNETIC FIELDS OF INDUSTRIAL FREQUENCY

Research article

Kuzmina L.P.¹, Kislyakova A.A.^{2,*}, Bezrukavnikova L.M.³, Khotuleva A.G.⁴, Osmanova P.Sh.⁵¹ ORCID: 0000-0001-6334-9814;³ ORCID: 0000-0002-0430-4154;⁴ ORCID: 0000-0003-0359-1785;¹⁻⁵ Izmerov Research Institute of Occupational Health, Moscow, Russia

* Corresponding author (agat.iwanowa2017[at]yandex.ru)

Abstract

The present study is aimed at studying the influence of electromagnetic fields of production frequency on lipid metabolism in employees of the electric power industry. As part of the periodic medical examination, 68 people exposed to industrial frequency EMF were examined on the basis of the clinic of the Izmerov Research Institute of Occupational Health. 40 healthy people who have no contact with harmful production factors were selected for the comparison group. The research determines serum levels of total cholesterol (TC), triglycerides (TG), high-density lipoprotein cholesterol (HDL cholesterol), low-density lipoprotein cholesterol (LDL cholesterol) and calculates the atherogenicity index (IA). The study demonstrates an increase in the level of TC, LDL cholesterol, and IA indicators in the main group compared to the control group. At the same time, the greatest differences were found among the people aged 40 - 49 years old. The data obtained may indicate the effect of chronic exposure to EMF on the development of lipid metabolism disorders.

Keywords: electromagnetic fields of industrial frequency, lipid metabolism, cholesterol, triglycerides.

Введение

В настоящее время все люди подвергаются воздействию электромагнитных полей (ЭМП) разной интенсивности в бытовой и рабочей обстановке. ЭМП неионизирующей части спектра подразделяются на статические (неизменные во времени - в системах магнитно-резонансной томографии (МРТ), поездах, электролитических системах), поля сверхнизкой частоты (ЭМП СНЧ) 30 – 300 Гц, к которым относятся ЭМП ПЧ (50-60Гц), поля промежуточной частоты 300 Гц – 10 МГц (мониторы компьютеров и ноутбуков), поля радиочастот 10МГц – 300ГГц (радиоволны, телевидение, мобильные телефоны, устройства Wi-Fi, bluetooth и микроволновые печи) [1], [2].

ЭМП ПЧ создаются воздушными линиями электропередачи, трансформаторами и распределительными сетями, а также большим числом электроприборов [3]. В связи с чем воздействие на человека ЭМП ПЧ становится неизбежным. Неоднократно были доказаны астеновегетативные эффекты ЭМП СНЧ, связанные с депрессией, повышенной утомляемостью, головными болями, ухудшением качества сна [4]. Международное агентство по изучению рака (МАИР) в 2002 году на основании ряда исследований отнесло магнитные поля промышленной частоты к потенциально канцерогенным для человека (группа 2В) [5], [6]. Многочисленные исследования *in vivo* и *in vitro* установили негативное воздействие ЭМП на многие биологические системы и компоненты, такие как пролиферация, апоптоз и дифференцировка клеток, метаболизм и регуляция клеточного цикла [7]. Во многих исследованиях были установлены биоэффекты ЭМП СНЧ на иммунную систему и доказано увеличение концентрации свободных радикалов и цитокинов крови [8].

В экспериментальных исследованиях на лабораторных животных было доказано отрицательное влияние ЭМП КНЧ на метаболизм липидов [9]. Липидный обмен – сложная, мультифункциональная система, участвующая в

регуляции гомеостаза, синтезе гормонов, энергетическом обмене. Нарушение липидного обмена приводит к серьезным заболеваниям, таким как ожирение, сахарный диабет второго типа, атеросклероз, бесплодие [10], [11]. В связи с чем актуальным является выявление групп риска развития липидных нарушений среди работающего населения. А с учетом современной тенденцией роста электроэнергетической отрасли и связанным с ней увеличением числа вовлеченных в нее сотрудников растет и необходимость в более тщательном изучении влияний ЭМП ПЧ на здоровье человека.

Цель

Изучение показателей липидного обмена у работников электроэнергетической отрасли, подвергающихся воздействию ЭМП ПЧ.

Материалы и методы исследования

В рамках проведения периодического медицинского осмотра в соответствии с приказом Минздрава и Соцразвития Российской Федерации от 28 января 2021г. № 29н на базе клиники ФГБНУ «НИИ МТ» было обследовано 68 мужчин (основная группа). Средний возраст обследованных составил $49,2 \pm 9,5$ лет. Средний стаж составил 17,5 (10,8; 25,3). Обследованные являются сотрудниками электроэнергетической отрасли и подвергаются воздействию ЭМП ПЧ. Критериями исключения при формировании группы являлось наличие сахарного диабета и ожирения. Группу сравнения составили 40 практически здоровых мужчин, сотрудники той же организации, не имеющие профессионального контакта с ЭМП ПЧ. Средний возраст группы составил $48,8 \pm 7,1$ лет.

Для исследования показателей липидного обмена была отобрана венозная кровь после 10 часового перерыва в приеме пищи при помощи вакуумных систем. В образцах сыворотки крови на автоматическом биохимическом анализаторе Kopelab 30i определяли концентрации ОХ (ферментативно-колориметрический метод), ХС ЛПВП (энзиматический колориметрический метод с иммуоингибированием, без осаждения), ХС ЛПНП (энзиматический колориметрический метод с селективной защитой, без осаждения) с использованием наборов реагентов «Витал Девелопмент Корпорэйшн» и уровень триглицеридов (ферментативно-колориметрический метод) с использованием набора реагентов «Thermo Fisher Scientific». Для дополнительной оценки липидного обмена вычислялся ИА по формуле: $ИА = (ОХ - ЛПВП) / ЛПВП$. В норме значение ИА не более 3,5.

Статистическая обработка полученных данных была проведена с использованием программы STATISTICA 10. Результаты количественных данных при нормальном распределении показателей представлены в виде $M \pm sd$, где M – среднее, sd – стандартное отклонение, при распределении, отличном от нормального – в виде $Me (Q1; Q3)$, где Me – медиана, $Q1$ – нижний квартиль, $Q3$ – верхний квартиль. Анализ различий для сравнения двух групп проводился с применением параметрических (t-критерий для независимых выборок) и непараметрических (критерий Манна-Уитни) критериев. Статистически значимым считали уровень достоверности $p < 0,05$.

Все обследованные были ознакомлены с целью исследования и подписали информированные согласия в соответствии с приказом Минздрава РФ от 19.06.2003 № 266.

Результаты и обсуждение

Анализ полученных результатов выявил статистически значимые различия показателей липидного обмена у работников, подвергающихся воздействию ЭМП ПЧ, по сравнению с группой контроля (Таб.1). Среднегрупповые значения ИА, ОХ, ХС ЛПНП обследуемой группы статистически значимо выше контрольной группы ($p = 0,025$, $p = 0,0001$, $p = 0,001$ соответственно). Среднегрупповые концентрации ХС ЛПВП и Тг статистически не отличались в обследованных группах (Таблица 1).

Таблица 1. Показатели липидного обмена в обследованных группах, $Me (Q1; Q3)$

Показатели	Референсный интервал	Основная группа, n=68	Контрольная группа, n=40	p
Общий холестерин, ммоль/л	3,3 - 5,5	5,5 (4,78; 6,43)*	5,0 (4,5; 5,6)	0,0001
Холестерин липопротеидов высокой плотности, ммоль/л	>1.0	1,08 (0,94; 1,27)	1,06 (0,94; 1,26)	0,78
Холестерин липопротеидов низкой плотности, ммоль/л	<3.0	$3,92 \pm 1,03^*$	$3,34 \pm 0,75$	0,001
Триглицериды, ммоль/л	0,45 - 1,7	1,62 (1,22; 2,19)	1,5 (1,26; 1,94)	0,24
Индекс атерогенности	2,2 - 3,5	4,07 (3,38; 4,71)*	3,6 (2,9; 4,1)	0,025

Примечание: *различия между средними значениями в основной и контрольной группе считались достоверными при $p < 0,05$

Увеличение уровня ОХ в основной группе наблюдалось в 48,5% случаев, что достоверно выше, чем в контрольной группе ($p=0,016$), ХС ЛПНП – в 80,9% случаев ($p=0,029$), Тг – в 42,6 % случаев ($p=0,19$), увеличение ИА зафиксировано в 69,1% случаев ($p=0,048$). Снижение уровня ХС ЛПВП – в 36% случаев ($p=0,52$) (Рис.1).

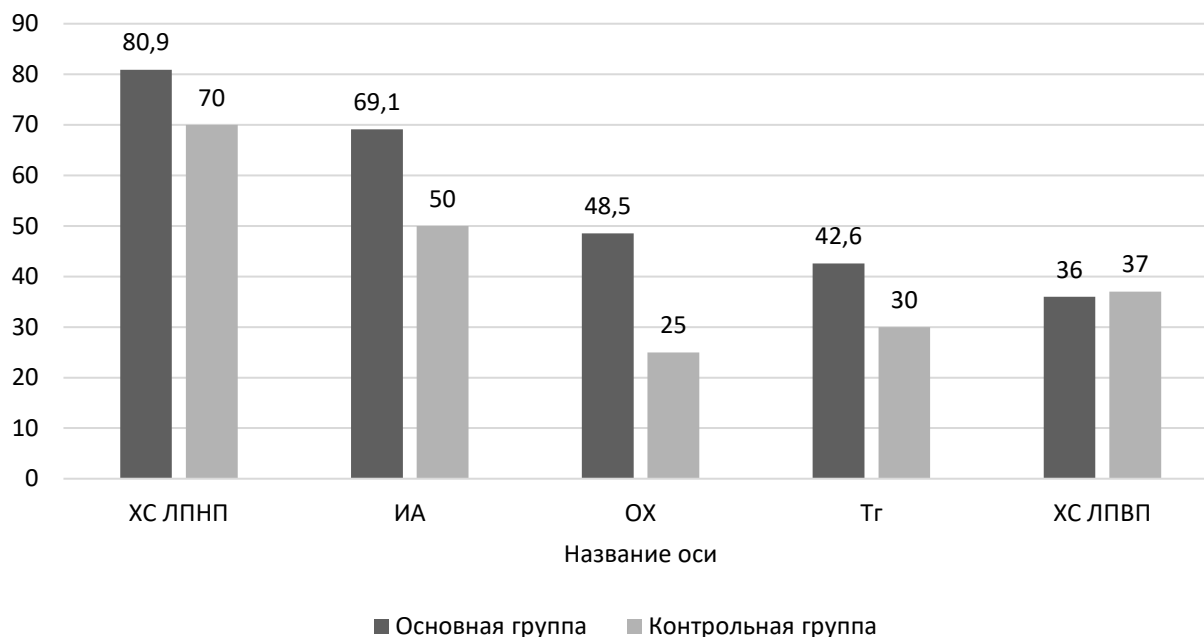


Рис. 1 – Доля показателей, превышающих референтные значения в обследуемых группах

Сравнительная характеристика по возрастам выявила, что у экспонированных работников среднегрупповые значения ОХ, ХС ЛПНП и ИА в возрастных интервалах 40 – 49 лет, 50 лет и старше выше, чем у контрольной группы того же возраста (Таб. 2). Также в возрасте 50 лет и старше у лиц основной группы выявлен достоверно более высокий уровень триглицеридов по сравнению с контрольной группой, в возрасте 40-49 лет данной закономерности не выявлено (Таб. 2).

Таблица 2 – Показатели липидного обмена у обследованных в различных возрастных группах, Ме (Q1; Q3)

Показатели	Возраст	Основная группа, n=54*	Контрольная группа, n=38*	Р
Общий холестерин	40 – 49 лет	5,7(5,0; 6,3)**	4,9(3,8; 5,5)	<0,0001
	50 и старше лет	5,7(5,3; 6,6)**	5,0(4,6; 5,6)	0,002
Холестерин липопротеидов высокой плотности	40 - 49 лет	1,09(0,99; 1,23)	1,07(0,94; 1,28)	0,45
	50 и старше лет	1,17(0,98; 1,31)	1,1(0,95; 1,24)	0,77
Холестерин липопротеидов низкой плотности	40 - 49 лет	4,1(3,38; 4,37)**	2,93(3,35; 3,81)	0,001
	50 и старше лет	3,97(3,14; 4,85)	3,65(3,05; 3,97)	0,05
триглицериды	40 - 49 лет	1,32(0,91; 1,8)	1,46(0,8; 1,97)	0,17
	50 и старше лет	1,71(1,27; 2,2)**	1,45(1,41; 1,6)	0,03
Индекс атерогенности	40 - 49	4,0(3,3; 4,9)**	3,3(2,4; 3,8)	0,01
	50 и старше	4,3(3,4; 4,8)	3,7(3,2; 4)	0,05

Примечание* - в связи с малым количеством обследуемых в возрасте менее 40 лет, соответствующие результаты исследований в таблице не приводятся; ** – различия между средними значениями в основной и контрольной группе считались достоверными при $p < 0,05$

Полученные в данной работе результаты совпадают с данными предыдущих исследований [12] и свидетельствуют о негативном влиянии ЭМП ПЧ на липидный обмен. Нарушения в системе липидного обмена являются одним из составляющих каскада метаболических расстройств, приводящих к эндокринной патологии, заболеваниям сердечно-сосудистой системы, в том числе метаболическому синдрому. Выявленные изменения обуславливают необходимость проведения исследований по изучению метаболических нарушений у сотрудников электроэнергетической отрасли.

Наибольшие изменения у работников, подвергающихся воздействию электромагнитных полей производственной частоты, по сравнению с контрольной группой наблюдались в показателях ОХ, ХС ЛПНП и связанного с ними ИА.

При этом повышение уровня ЛПНП, осуществляющих транспорт липидов в сосудистую стенку, является одним из самых значимых факторов сердечно-сосудистого риска [13]. Увеличение данных липопротеидов при воздействии ЭМП ПЧ может быть значимо с учетом биологического эффекта ЭМП на потенцирование развития оксидативного стресса [14, 15], что может приводить к окислению структурных компонентов ЛПНП, способствуя прогрессированию атеросклеротического процесса [16].

Таким образом, результаты, продемонстрированные в настоящем исследовании, предполагают, что хроническое воздействие ЭМП может влиять на процесс липидного метаболизма, изменяя уровни липидов в сыворотке крови, что является одним из основных независимых факторов риска сердечно-сосудистых заболеваний. Однако хронические эффекты воздействия ЭМП на липиды сыворотки должны быть дополнительно подтверждены в будущем.

Выводы

1. Результаты проведенных исследований свидетельствуют о негативном влиянии ЭМП ПЧ на липидный обмен (повышение уровней ОХ, ХС ЛПНП и ИА), что ассоциировано с повышенным сердечно-сосудистым риском.

2. Полученные результаты подтверждают необходимость продолжения научных исследований по выявлению молекулярных механизмов воздействия ЭМП ПЧ на липидный обмен.

Финансирование

Работа выполнена в рамках НИР №0527-2019-0013 «Разработка информативных критериев ранних признаков наиболее распространенных нозологических форм профессиональных, производственно обусловленных и общесоматических заболеваний у работников различных видов экономической деятельности для создания системы комплексной профилактики».

Funding

The work was carried out within the framework of SRW №0527-2019-0013 "Development of informative criteria for early signs of the most common nosological forms of occupational, production-related and general somatic diseases in workers of various types of economic activity to create a comprehensive prevention system".

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

- Гвоздарев А.Ю. Введение в электромагнитную экологию: учеб. Пособие / А.Ю. Гвоздарев. Горно-Алтайск, 2004. -117 с.
- СанПиН 2.2.4.3359-16. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах. 2016. - 88 с.
- Куренкова, Г. В. Неионизирующие электромагнитные излучения как неблагоприятный фактор производственной среды: учебное пособие / Г. В. Куренкова– ГБОУ ВПО ИГМУ Минздрава России. – Иркутск: ИГМУ, 2013. – 98 с.
- Ravandi, M.R.G. Occupational exposure to steady magnetic fields and its effect on workers blood indices at an electrolysis unit / M.R.G. Ravandi, H. Mardi, N. Khanjani et al. // Journal of magnetism. – 2016. - Vol. 21. - P. 255–260. DOI: 10.4283/JMAG.2016.21.2.255
- Belson M. Risk factors for acute leukemia in children: a review / B. Kingsley, Holme A. Environmental // Journal of health perspectives, 2007, P 138– 145
- IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Non-ionizing radiation Part 1: static and extremely lowfrequency (ELF) electric and magnetic fields. Lyon, International Agency for Research on Cancer, 2002 (IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Vol. 80. [Electronic resource]. URL: <https://manualzz.com/doc/9183335/non-ionizing-radiation--part-i--static-and-extremely-low-...> (accessed 11.10.2021г.)
- Mattsson M.-O. Grouping of experimental conditions as an approach to evaluate effects of extremely low-frequency magnetic fields on oxidative response in in vitro studies / M.-O. Mattsson, M. Simko // Journal of Frontiers in public health. – 2014. - Vol. 2(5). DOI: 10.3389/fpubh.2014.00132
- Martin L Pall. Wi-Fi is an important threat to human health / Martin L Pall // Journal of Environmental Research. – 2018. - P. 405-416. DOI: 10.1016/j.envres.2018.01.035
- Martinez-Samano J. Extremely low frequency electromagnetic field exposure and restraint stress induce changes on the brain lipid profile of wistar rats / J. Martinez-Samano, A. Flores-Pobiano, L. Verdugo-Díaz et al. // Journal of BMC Neuroscience. – 2018 - Vol. 19(1). DOI: 10.1186/s12868-018-0432-1
- Булавинцева О. А. Обмен липидов. Учебное пособие для студентов / О. А. Булавинцева, И. Э. Егорова, ГБОУ ВПО ИГМУ Минздрава России, Кафедра химии и биохимии. – Иркутск: ИГМУ. 2013. – 37 с.
- Витязева И.И. Влияние нарушений жирового обмена на фертильность мужчин репродуктивного возраста и эффективность программ ЭКО / И.И. Витязева, М.В. Алташина, Е.А. Трошина // Проблемы эндокринологии. Том 60. – 2014. - № 5. - С. 34-42.
- Wang Z. Effects of electromagnetic fields on serum lipids in workers of a power plant / Z. Wang, L. Wang, S. Zheng et al // Environ Sci Pollut Res 23, 2495–2504. - 2016. – DOI: 10.1007/s11356-015-5500-9
- Piepoli, Massimo F. “2016 European Guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice: The Sixth Joint Task Force of the European Society of Cardiology and Other Societies on Cardiovascular Disease Prevention in Clinical Practice (constituted by representatives of 10 societies and by invited experts)Developed with the special contribution of the European Association for Cardiovascular Prevention & Rehabilitation (EACPR) / F. Piepoli, Massimo et al. // European heart journal vol. 37, 29 (2016): 2315-2381. Piepoli, Massimo F et al. DOI: 10.1093/eurheartj/ehw106.

14. Georgiou C.D. Oxidative Stress and NADPH Oxidase: Connecting Electromagnetic Fields, Cation Channels and Biological Effects / C.D. Georgiou, L.H. Margaritis // *Int J Mol Sci.* 2021;22(18):10041. Published 2021 Sep 17. DOI:10.3390/ijms221810041

15. Santini S.J. Role of Mitochondria in the Oxidative Stress Induced by Electromagnetic Fields: Focus on Reproductive Systems / Santini S.J., Cordone V., Falone S. et al // *Oxid Med Cell Longev.* 2020 May 17;2020:5203105. DOI: 10.1155/2020/5203105. eCollection 2020.

16. Khatana C. Mechanistic Insights into the Oxidized Low-Density Lipoprotein-Induced Atherosclerosis / C. Khatana, N.K. Saini, S. Chakrabarti et al. // *Oxid Med Cell Longev.* 2020 Sep 15;2020:5245308. DOI: 10.1155/2020/5245308. eCollection 2020.

References.

1. Gvozdev A.Ju. Vvedenie v jelectromagnitnuju jekologiju: uchebnoe posobie [Introduction to electromagnetic ecology: textbook. stipend] / A.Ju. Gvozdev. Gorno-Altajsk. - 2004. - P.117 [in Russian]

2. SanPiN 2.2.4.3359-16. Sanitarno-jepidemiologicheskie trebovanija k fizicheskim faktoram na rabochih mestah [Sanitary and epidemiological requirements for physical factors in the workplace] 2016. - P.88 [in Russian]

3. Kurenkova, G. V. Neionizirujushhie jelectromagnitnye izluchenija kak neblagoprijatnyj faktor proizvodstvennoj sredy: uchebnoe posobie [Non-ionizing electromagnetic radiation as an unfavorable factor of the production environment: textbook] / G. V. Kurenkova- GBOU VPO IGMU Minzdrava Rossii, Irkutsk [GBOU VPO IGMU of the Ministry of Health of Russia, Irkutsk] 2013. - P.98 [in Russian]

4. Ravandi, M.R.G. Occupational exposure to steady magnetic fields and its effect on workers blood indices at an electrolysis unit / M.R.G. Ravandi, H. Mardi, N. Khanjani et al. // *Journal of magnetics.* - 2016. - Vol. 21. - P. 255-260. DOI: 10.4283/JMAG.2016.21.2.255

5. Belson M. Risk factors for acute leukemia in children: a review / B. Kingsley, Holme A. Environmental // *Journal of health perspectives*, 2007, P 138- 145

6. IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Non-ionizing radiation Part 1: static and extremely lowfrequency (ELF) electric and magnetic fields. Lyon, International Agency for Research on Cancer, 2002 (IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Vol. 80. [Electronic resource]. URL: <https://manualzz.com/doc/9183335/non-ionizing-radiation--part-i--static-and-extremely-low-...> (accessed 11.10.2021г.)

7. Mattsson M.-O. Grouping of experimental conditions as an approach to evaluate effects of extremely low-frequency magnetic fields on oxidative response in in vitro studies / M.-O. Mattsson, M. Simko // *Journal of Frontiers in public health.* - 2014. - Vol. 2(5). DOI: 10.3389/fpubh.2014.00132

8. Martin L Pall. Wi-Fi is an important threat to human health / Martin L Pall // *Journal of Environmental Research.* - 2018. - P. 405-416. DOI: 10.1016/j.envres.2018.01.035

9. Martinez-Samano J. Extremely low frequency electromagnetic field exposure and restraint stress induce changes on the brain lipid profile of wistar rats / J. Martinez-Samano, A. Flores-Poblano, L. Verdugo-Díaz et al. // *Journal of BMC Neuroscience.* - 2018 - Vol. 19(1). DOI: 10.1186/s12868-018-0432-1

10. Bulavinceva O. A. Obmen lipidov. Uchebnoe posobie dlja studentov [Lipid metabolism. Study guide for students] / O. A. Bulavinceva, I. Je. Egorova, GBOU VPO IGMU Minzdrava Rossii, Kafedra himii i biohimii. - Irkutsk [GBOU VPO IGMU of the Ministry of Health of Russia, Department of Chemistry and Biochemistry. - Irkutsk]. - 2013. - P.37 [in Russian]

11. Vitjazeva I.I. Vlijanie narushenij zhirovogo obmena na fertil'nost' muzhchin reproduktivnogo vozrasta i jeffektivnost' programm JeKO [The effect of disorders of fat metabolism on the fertility of men of reproductive age and the effectiveness of IVF programs] / I.I. Vitjazeva, M.V. Altashina, E.A. Troshina // *Problemy jendokrinologii* [Journal of problems of endocrinology]. Vol. 60. - 2014. - № 5. - P.34-42 [in Russian]

12. Wang Z. Effects of electromagnetic fields on serum lipids in workers of a power plant / Z. Wang, L. Wang, S. Zheng et al // *Environ Sci Pollut Res* 23, 2495-2504. - 2016. - DOI: 10.1007/s11356-015-5500-9

13. Piepoli, Massimo F. "2016 European Guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice: The Sixth Joint Task Force of the European Society of Cardiology and Other Societies on Cardiovascular Disease Prevention in Clinical Practice (constituted by representatives of 10 societies and by invited experts)Developed with the special contribution of the European Association for Cardiovascular Prevention & Rehabilitation (EACPR) / F. Piepoli, Massimo et al. // *European heart journal* vol. 37, 29 (2016): 2315-2381. Piepoli, Massimo F et al. DOI: 10.1093/eurheartj/ehw106.

14. Georgiou C.D. Oxidative Stress and NADPH Oxidase: Connecting Electromagnetic Fields, Cation Channels and Biological Effects / C.D. Georgiou, L.H. Margaritis // *Int J Mol Sci.* 2021;22(18):10041. Published 2021 Sep 17. DOI:10.3390/ijms221810041

15. Santini S.J. Role of Mitochondria in the Oxidative Stress Induced by Electromagnetic Fields: Focus on Reproductive Systems / Santini S.J., Cordone V., Falone S. et al // *Oxid Med Cell Longev.* 2020 May 17;2020:5203105. DOI: 10.1155/2020/5203105. eCollection 2020.

16. Khatana C. Mechanistic Insights into the Oxidized Low-Density Lipoprotein-Induced Atherosclerosis / C. Khatana, N.K. Saini, S. Chakrabarti et al. // *Oxid Med Cell Longev.* 2020 Sep 15;2020:5245308. DOI: 10.1155/2020/5245308. eCollection 2020.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2021.113.11.065>

ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ТОТАЛЬНОЙ ИШЕМИИ ГОЛОВНОГО МОЗГА В СОЧЕТАНИИ С ГИПЕРГЛИКЕМИЕЙ, В УСЛОВИЯХ КОНТРОЛИРУЕМОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ У КРЫС В ЭКСПЕРИМЕНТЕ

Научная статья

Коробков Д.М.^{1,*}, Вечканова Н.А.², Ивашин А.А.³, Степанов Н.Ю.⁴, Прокофьев Д.А.⁵¹⁻⁵ Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва, Саранск, Россия

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

Аннотация

Целью нашего исследования было изучение особенностей 30-ти минутной тотальной ишемии головного мозга в сочетании с гипергликемией, в условиях контролируемой температуры у крыс в эксперименте. Исследование выполнено на 30 нелинейных белых крысах обоего пола массой 250-300 г. Животные подверглись 30-минутной тотальной ишемии, вызванной окклюзией обеих общих сонных артерий по методике Пошивалова В. П., с последующей реперфузией.

В ходе эксперимента было установлено, что уровень гликемии у животных групп 2 и 3, были статистически значимо выше в сравнении с группой контроля (группа 1), $p < 0,05$. В группах животных 2 и 3 количество нейронов разных фенотипов, консолидированных в пары, была в 2,3 раза больше, чем в группе контроля ($p < 0,05$). Таким образом, эти данные указывают на то, что гипергликемия потенциально может усугубить ишемическое повреждение головного мозга, предположительно, за счет увеличения цереброваскулярной проницаемости и нарушения механизмов перфузионно-метаболического соответствия.

Ключевые слова: тотальная ишемия головного мозга, реперфузия, гипергликемия.

AN EXPERIMENTAL EXAMINATION OF THE FEATURES OF TOTAL CEREBRAL ISCHEMIA IN COMBINATION WITH HYPERGLYCEMIA IN RATS UNDER CONTROLLED TEMPERATURE CONDITIONS

Research article

Korobkov D.M.^{1,*}, Vechkanova N.A.², Ivashin A.A.³, Stepanov N.Yu.⁴, Prokofyev D.A.⁵¹⁻⁵ N.P. Ogarev National Research Mordovian State University, Saransk, Russia

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

Abstract

The aim of the current study was to experimentally examine the features of 30-minute total cerebral ischemia in combination with hyperglycemia in rats under controlled temperature conditions. The study was performed on 30 non-pedigree white rats of both sexes weighing 250-300 g. The animals underwent 30-minute total ischemia caused by occlusion of both common carotid arteries according to the technique of V. P. Poshivalova, followed by reperfusion.

During the experiment, it was found that the level of glycemia in animals of groups 2 and 3 was statistically significantly higher in comparison with the control group (group 1), $p < 0,05$. In animal groups 2 and 3, the number of neurons of different phenotypes consolidated into pairs was 2.3 times greater than in the control group ($p < 0,05$). The data indicate that hyperglycemia can potentially worsen ischemic brain damage, presumably due to increased cerebrovascular permeability and impaired perfusion-metabolic correspondence mechanisms.

Keywords: total cerebral ischemia, reperfusion, hyperglycemia.

Главным субстратом образования энергии для мозга является глюкоза. Утилизация глюкозы в основном происходит в результате аэробного гликолиза, поэтому для нормальной работы мозга необходимо стабильное поддержание напряжения кислорода в крови [1].

Доказанным фактом является то, что гипергликемия усугубляет ишемическое поражение головного мозга. Впервые эмпирическим путем это было доказано в исследованиях Wagner K.R. et al. (1986) на моделях глобальной ишемии [2].

В одном из своих исследований Lau L. et al. (2019) показали, что выживаемость крыс в первые сутки после 10-минутной глобальной ишемии головного мозга в условиях нормогликемии была статистически значимо выше, в сравнении с крысами в условиях гипергликемии (летальность в первые сутки составила 100%) [3].

Anrather J. et al. (2016) на модели очаговой ишемии переднего мозга продемонстрировали, что у крыс, которым вводили глюкозу за 20-минут до эксперимента отмечались более выраженные вторичные поражения головного мозга, а как следствие отек головного мозга [4].

Клинические наблюдения показывают, что высокий уровень гликемии у пациентов является фактором риска развития инсульта и коррелирует с неблагоприятным прогнозом [8,9]. Усиление отека мозга после ишемии головного мозга в условиях гипергликемии, сегодня рассматривается как итог постишемического повреждения мозговой ткани [10]. В условиях оксидативного стресса и локального воспаления происходит нарушение кальциевого гомеостаза, формируется глутаматная эксайтотоксичность, лактат-ацидоз, все эти процессы протекают длительно, тем самым способствуя диффузному повреждению ЦНС.

К настоящему времени изучение механизмов ишемического повреждения головного мозга и их лечения достигло колоссальных успехов, однако многие аспекты остаются не изученными, и в литературе встречаются весьма противоречивые данные поэтому исследования в этой области остаются по-прежнему актуальными.

Целью нашего исследования было изучение особенностей 30-ти минутной тотальной ишемии головного мозга в сочетании с гипергликемией, в условиях контролируемой температуры у крыс в эксперименте.

Материалы и методы исследования

Исследование выполнено на 30 нелинейных белых крысах обоего пола массой 250-300 г. Все манипуляции с животными проводились в соответствии с Руководством по содержанию и использованию лабораторных животных [5]. Животным проводилось анестезиологическое пособие, включающее интраперитонеальное введение препаратов: «Золетил 100» (из расчета 8мг/кг) и «Ксилазин» (из расчета 0,5 мл/кг) [1]. После чего животные подверглись 30-минутной тотальной ишемии, вызванной окклюзией обеих общих сонных артерий по методике Пошивалова В. П. (1978), с последующей реперфузией [6]. Производилась респираторная поддержка, с целью обеспечения физиологических значений PaCO_2 и PaO_2 . Для согревания животных обкладывали емкостями с горячим раствором и укрывали теплоизоляционным одеялом для поддержания оптимальной температуры в условиях эксперимента. Для обеспечения гипотермии животных обкладывали емкостями с охлажденным раствором и укрывали теплоизоляционным одеялом, а также дополнительно вводили в латеральную хвостовую вену охлажденный 0,9% раствор NaCl.

На аппаратном комплексе «БИОРАС» проводилось измерение PaCO_2 и PaO_2 , среднего артериального давления и температуры в соответствии со стандартными методиками [7]. Определение pH и уровня глюкозы венозной крови проводилось на анализаторе pHox Ultra Nova Biomedical (США) в соответствии со стандартными методиками. Группа животных 1 (крысы с нормогликемией, $t=37^\circ\text{C}$ ($n=10$)), были ограничены в пище за 12 часов до эксперимента и получили 1,5 мл физиологического раствора NaCl за 15 минут до начала эксперимента. Группа животных 2 (крысы с гипергликемией, $t=37^\circ\text{C}$ ($n=10$)) получили внутривенную инъекцию 1,5 мл 40% раствора глюкозы за 15 минут до тотальной ишемии. Группа животных 3 (крысы с гипергликемией, $t=33^\circ\text{C}$ ($n=10$)) получили внутривенную инъекцию 1,5 мл 40% раствора глюкозы за 15 минут до тотальной ишемии. На следующем этапе производилось морфологическое исследование. Головной мозг извлекался из черепной коробки, происходила фиксация в 10% нейтральном формалине, с дальнейшей проводкой в спиртах, затем происходило получение парафиновых блоков с последующим окрашиванием срезов гематоксилином и эозином, и тионином по методу Ниссля. Для статистической обработки данных, полученных в ходе эксперимента, был применен пакет программ «Statistica 6.0». Был применен параметрический t-критерий Стьюдента и критерий Манна-Уитни. Результаты представлены следующим образом, $M \pm m$ (M - среднее, m - ошибка среднего). Различия принимались за статистически значимые при $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение

Уровень гликемии у животных групп 2 и 3, были статистически значимо выше в сравнении с группой контроля (группа 1), $p < 0,05$ (Таблица 1).

Таблица 1 – Физиологические параметры животных до моделирования тотальной ишемии

Показатель	Группа 1 (контроль) Нормогликемия $t=37^\circ\text{C}$ ($n=10$)	Группа 2 Гипергликемия $t=37^\circ\text{C}$ ($n=10$)	Группа 3 Гипергликемия $t=33^\circ\text{C}$ ($n=10$)
PaCO_2 (мм.рт.ст)	$39,3 \pm 2,76$	$42,1 \pm 3,07$	$38,31 \pm 2,12$
PaO_2 (мм.рт.ст)	$127 \pm 8,87$	$146 \pm 12,4$	$125 \pm 10,14$
Среднее артериальное давление (мм.рт.ст)	$124,2 \pm 12$	$125 \pm 7,54$	$125 \pm 4,75$
pH	$7,43 \pm 0,03$	$7,33 \pm 0,029$	$7,46 \pm 0,03$
Уровень глюкозы крови (ммоль/л)	$6,4 \pm 1,45$	$19,2 \pm 3,97^*$	$16 \pm 3,13^*$

Примечание: * - статистическая значимость отличия по отношению к показателям группы контроля при $p < 0,05$

Выраженная сеть пирамидных нейронов неокортекса в группах 1,2,3 имела модульную организацию. При анализе фронтальных срезов нами обнаружено, что вертикальные пучки крупных дендритов нижерасположенных нейронов делили неокортекс на столбики. Особенно выраженные участки перивазальных отеков были у животных в группе 2.

Умеренное образование и расширение перикапиллярных пространств, также было обнаружено и у животных в группе №3. Стоит отметить, что наибольшие по площади участки гиперхромии-сморщивания отмечены нами у животных во 2-й группе. При окраске по Ниссля, нами замечено, что нейроны при ишемии имели заведомо более светлый фенотип, в следствии набухания, они были увеличены в объеме, и имели более округлую форму. В группе 2 преобладали клетки-«тени» на 40% в сравнении с группой 3.

В группах животных 2 и 3 количество нейронов разных фенотипов, консолидированных в пары, была в 2,3 раза больше, чем в группе контроля ($p < 0,05$). Настоящее исследование показало, что гипергликемия значительно усугубляет последствия тотальной ишемии головного мозга у крыс в эксперименте. Хотелось бы отметить, что эти данные получены во время фазы реперфузии.

Таким образом, эти данные указывают на то, что гипергликемия потенциально может усугубить ишемическое повреждение головного мозга, предположительно, за счет увеличения цереброваскулярной проницаемости и нарушения механизмов перфузионно-метаболического соответствия. Можно с уверенностью сказать, что при ишемии повышение температуры является критическим фактором в определении тяжести постишемического повреждения мозговых структур.

Пока не до конца ясно, как гипергликемия может повлиять на структуру и функциональность эндотелия, и как она влияет на постишемическое повреждение гематоэнцефалического барьера при реперфузии.

Выводы

В ходе исследования выявлено, что преишемическая гипергликемия усиливает повреждение нейронов и глиальных клеток после тотальной ишемии. Выраженность тканевого ацидоза играет основополагающую роль в переходе от селективного некроза нейронов к инфаркту мозга. Поскольку астроциты участвуют в поддержании энергетического метаболизма мозговой ткани, повреждение этого типа клеток в условиях гипергликемии приводит к изменению сосудистой проницаемости, в этих условиях приобретенная дисфункция эндотелия может представлять собой важный механизм, по средствам которого гипергликемия способна влиять на ишемический исход.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. 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.
2. Wagner K.R. Brain metabolic correlates of hypoxic-ischemic cerebral necrosis in mid-gestational sheep fetuses: significance of hypotension / K.R. Wagner, P. Ting, M.V. Westfallet al. // Journal of Cerebral Blood Flow & Metabolism. - 1986. -№6(4). -P. 425-434.
3. Lau L. Prevalence of diabetes and its effects on stroke outcomes: A meta-analysis and literature review / L.Lau, J. Lew, K. Borschmann et al. // Journal of Diabetes Investigation. -2019.- №10(3). -P. 780-792.
4. Anrather J. Inflammation and Stroke: An Overview / J. Anrather, C. Ladecola // Neurotherapeutics. -2016. -№ 13. - P. 661–670. <https://doi.org/10.1007/s13311-016-0483-x>
5. 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 Animals (Laboratory) / A. Annex. 2006. [Electronic resource]. URL:<http://conventions.coe.int/Treaty/EN/Treaties/PDF/123-Arev.pdf> (accessed: 15.09.2021).
6. Poshivalov V.P. Ethological atlas for pharmacological research on laboratory rodents / V.P. Poshivalov. - M., 1978. Dep. in VINITI, №. 3164 - 3178.
7. 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: 15.09.2021).
8. Vahidy F.S. Systematic review and meta-analysis of bone marrow-derived mononuclear cells in animal models of ischemic stroke / F.S. Vahidy, M.H. Rahbar, H. Zhu et al. // Stroke.- 2016. №47. -P.1632-1639.
9. Singh V. HMGB1 as a key mediator of immune mechanisms in ischemic stroke / V.Singh, S. Roth, R. Veltkamp et al. // Antioxid Redox Signal. -2016.-№24.-P.635-651.
10. Petrovic-Djergovic D. Inflammatory disequilibrium in stroke / D. Petrovic-Djergovic, S.N. Goonewardena, D.J. Pinsky // Circulation Research. -2016.-№119.-P.142-158.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2021.113.11.066>**СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ГОРМОНАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ
У ДЕТЕЙ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКИХ ШИРОТ**

Научная статья

Кубасов Р.В.^{1,*}, Кубасова Е.Д.², Калинин А.Г.³, Лупачев В.В.⁴, Мартынова Н.А.⁵¹ ORCID: 0000-0003-1698-6479;² ORCID: 0000-0001-9683-7814;³ ORCID: 0000-0002-0425-6359;⁴ ORCID: 0000-0002-8837-1177;⁵ ORCID: 0000-0001-9581-379X;¹⁻⁵ Северный государственный медицинский университет, Архангельск, Россия

* Корреспондирующий автор (romanas2001[at]gmail.com)

Аннотация

Регуляторные системы организма нуждаются в адаптивных изменениях к контрастным условиям при проживании на высокоширотных территориях. Целью нашего исследования явилось определение особенностей изменений гормональных показателей щитовидной железы в зависимости от сезонной продолжительности светового дня у детей мужского пола, проживающих в северных высокоширотных регионах России. Обследованы 242 мальчика в возрасте 10-16 лет, родившихся и постоянно проживающих на северных территориях Архангельской области. В сыворотке крови у них определены гормоны тиреоидной системы регуляции (тиреотропный гормон, тироксин и трийодтиронин) четырежды, в течение года, в зависимости от продолжительности светового дня. Определены сезонные особенности содержания гормонов. В период минимальной продолжительности светового дня (декабрь) концентрация тироксина была минимальной, а трийодтиронина - максимальной. В период максимальной продолжительности светового дня (июнь) определены максимальные концентрации тироксина и минимальные трийодтиронина. У обследованных мальчиков установлена факторная зависимость содержания в сыворотке крови уровней гормонов (тироксин, трийодтиронин,) от продолжительности светового дня, причем у детей во второй половине полового созревания эта зависимость более выраженная. Пик секреции тироксина у обследованных детей наблюдался в летний-осенний период, в пик трийодтиронина – зимний-весенний периоды. Продолжительность светового дня установлена, как один из факторов, влияющих на содержание сывороточных тиреоидных гормонов.

Ключевые слова: тиреоидное звено эндокринной регуляции, годовые ритмы, фотопериодичность, адаптация.**SEASONAL CHANGES OF THE THYROID HORMONAL LEVELS IN CHILDREN
IN TERMS OF HIGHER LATITUDES**

Research article

Kubasov R.V.^{1,*}, Kubasova E.D.², Kalinin A.G.³, Lupachev V.V.⁴, Martynova N.A.⁵¹ ORCID: 0000-0003-1698-6479;² ORCID: 0000-0001-9683-7814;³ ORCID: 0000-0002-0425-6359;⁴ ORCID: 0000-0002-8837-1177;⁵ ORCID: 0000-0001-9581-379X;¹⁻⁵ Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia

* Corresponding author (romanas2001[at]gmail.com)

Abstract

The regulatory systems of the organism need in adaptive changes to contrast conditions when living in the higher latitudes territories. The aim of our investigation was to determine the features of thyroid hormone level changes, depending on the seasonal daylight duration in male children living in the North region of Russia. 242 boys aged 10-16 years, born and permanently residing in the northern territories of the Arkhangelsk region, were examined. Hormones of the thyroid regulation system (thyroid-stimulating hormone, thyroxine and triiodothyronine) were detected in their blood serum four times during the year, depending on the daylight duration. Seasonal features of hormone content have been determined. During the period of minimum daylight hours (December), the concentration of thyroxine was minimal, and triiodothyronine was maximal. During the period of maximum daylight duration (June), the highest concentrations of thyroxine and lowest triiodothyronine were determined. The examined boys had a factor dependence of the serum levels of hormones (thyroxine, triiodothyronine) depending on the length of daylight, but in children in the second half of puberty, this dependence is more pronounced. The peak of thyroxine secretion was detected in summer-autumn, but the peak of triiodothyronine secretion was determined in winter-spring. The duration of daylight is established as one of the factors affecting the content of serum thyroid hormones.

Keywords: thyroid endocrine link, circannual rhythms, photoperiodic, adaptation.**Introduction**

The study of changes in the functioning of the regulatory systems of the organism when adapting to natural factors is an urgent task in environmental physiology [1], [2], [3]. The need for an integrated approach when considering the adaptation of the body to the uncomfortable factors of the environment indicates the need for cooperation of research in various areas, the development of integrated parameters indicating the level of adaptation of the entire living system [4], [5] This task is much more complicated when it comes to the need to consider living systems in dynamics, the ratio of components in which varies according to the rhythm of the geophysical cycles of the environment. The rhythm of functioning is a fundamental property of

a living organism, each physiological function of which is organized in time [6], [7]. Among the vast range of biological rhythms stand out circannual, infradian, circadian, which are rigidly synchronized with the periods of the geophysical environment [8], [9]. Daylight hours are one of the most stable values because they are the same at the same latitude during the same periods of the year. In high latitude areas photoperiodic dependence is one of the main rhythm-forming factors affecting the vital activity of the organism, including the human [10].

The endocrine system is the most important regulatory link that supports homeostasis [11]. When living in the Northern territories due to contrast changes in the duration of daylight there is an imbalance of endocrine functions [12].

The problem of studying the characteristics of endocrine processes, the dynamics of intra- and intersystem interactions becomes even more multifaceted when it comes to the growing body of children and adolescents. Conditions of the North impose additional requirements on the child's body, contributing to the development of disadaptation reactions [13]. The study of children and adolescents is relevant because it is at this age that the formation of the main regulatory systems takes place, which in the future will determine the nature of adaptation to uncomfortable living conditions [14].

Presented in the scientific literature information about the influence of photoperiods on the function of the pituitary – peripheral gland relates primarily to the adult population. Information about the formation of the hormonal profile in children and circannual dynamics are mostly represented by authors who have studied it in mid-latitude areas with mild, relatively benign climates depending on the season of the year [15], [16].

In connection with the above, the aim of our study was to determine the features of thyroid hormone level changes, depending on the seasonal daylight duration in male children living in the North region of Russia.

Materials and Methods

Within the year, four times (September, December, March, June) the same group of healthy boys and adolescents aged 10 to 16 years, born and permanently living in the Arkhangelsk region (Russian Federation) was examined. The study area is located at 61° north latitudes, and it refers to the transition zone between territories with uncomfortable (Arctic) living conditions and moderate latitudes. All children at the time of examination had no acute diseases and chronic somatic pathology. The total sample size was 562 persons. During the year, depending on the length of the light day, the following periods were considered in the territory where the studies were conducted: the period of the minimum duration of the light day (DLD) – 5 hours 35 minutes, December 21-22, the increase in the DLD – 13 hours 30 minutes, March 28-29, the maximal DLD – 19 hours 05 minutes, June 16-17, the decrease in the DLD – 12 hours 00 minutes, September 23-24.

Blood sampling from the ulnar vein at 8.30-9.00 a.m. on an empty stomach was performed in all examined patients. In blood serum, by radioimmunoassay analysis, determined the levels of pituitary thyroid stimulating hormone (TSH) and thyroid gland hormones: total thyroxine (T₄), total triiodothyronine (T₃) using commercial reagent kits “Immunotech” Czech Republic.

The variability in the distribution of different stages of sexual development within the same age was quite wide: in the same age periods, different children could be at least at two adjacent stages of puberty. Therefore, to assess seasonal changes in hormone levels, two groups were identified: the beginning of puberty (stage I and II of sexual development – 1 group) and puberty itself (stage III and IV of sexual development – 2 group).

Statistical processing of the obtained results, evaluation of the distribution of indicators, determination of the boundaries of the normal distribution was carried out. The critical significance level (p) was taken as 0.05 when testing statistical hypotheses. An average value, standard deviations were taken into account. To test the statistical hypothesis of the mean difference, we used ANOVA (Analysis of Variations).

Results

The study revealed clear changes in the levels of hormones studied during the year (table. 1).

Table 1 – Circannual changes of thyroid hormones in boys living in Archangelsk region Russia

Season (count of samples)	Means of hormones (1 and 2 groups of sexual development)					
	TSH (unit/l)		T ₄ (nmol/l)		T ₃ (nmol/l)	
December (n=69/67)	2,00±0,79	1,91±0,83	99,75±13,75	81,86±13,94	1,85±0,35	1,80±0,27
March (n=68/78)	2,01±0,69	2,25±0,89	96,51±14,59	87,99±13,89	1,93±0,34	1,94±0,33
June (n=66/71)	2,13±0,57	1,75±0,57	103,41±19,18	92,48±16,01	1,66±0,18	1,42±0,24
September (n=68/75)	1,97±0,68	1,81±0,79	101,97±17,95	86,70±11,27	1,68±0,39	1,84±0,32
Statistic differences of mean between groups (p)	All > 0,05	All > 0,05	Mar-Jun=0,023 Other > 0,05	Dec-Jun=0,03 Other > 0,05	Dec-Jun=0,006 Mar-Sep=0,014 Other > 0,05	Dec-Jun<0,001 Mar-Jun<0,001 Sep-Jun<0,001 Other > 0,05

In the pituitary-thyroid system, the most significant seasonal differences were found in the concentrations of thyroxine and triiodothyronine. In children, both at the beginning of puberty (group 1) and during the height of puberty (group 2), the maximum concentration of T₄ was determined in June and the minimum for group 1 – in March, for group 2 – in December. The highest average T₃ concentration for both the first and second group of children was determined in March. The minimum level of T₃ in group 1 children was determined in June and September and in group 2 children in June. Changes in the

concentration of TSH during the year are less significant, and in children of group 1 the annual dynamics is more flattened than in boys of group 2, in which the highest values are determined in March.

According to the results of multiple regression analysis, it was found that with age, as puberty in boys, the factor of light day duration (Day-Light Duration – DLD) affects a thyroid hormone in the blood serum. Thus, in children in the early stages of puberty DLD has a significant effect on the concentration of T_3 . In children of the older group, DLD has a significant effect on the concentration of TSH, T_4 and T_3 .

Discussion

Among climatic and geographic conditions of the place of residence, affecting the thyroid endocrine link, for the Northern territories of one of the most significant factors can be considered as contrast photoperiodism. Especially demonstrative in this respect are the summer (June) and winter (December) periods, when there are maximum differences in the light regime. In addition, the length of daylight is a relatively constant, stable indicator, its influence is equally repeated every year at the same time [17], [18]. At the latitude where the studies were conducted (61°N) the difference in daylight hours between June (18 hours 40 minutes) and December (5 hours 35 minutes) was 13 hours 05 minutes, i.e. there is a significant difference in light conditions in the opposite periods of the year.

The study of endocrine parameters and interhormonal relationships during the year revealed the circannual dynamics, as well as to prove the presence of a significant impact of such a factor as the length of the day (Day Light Duration – DLD) and the degree of its influence on hormonal parameters.

In the examined children, an annual dynamic is observed for peripheral thyroid hormones, and in the older group of children the circannual differences are more clearly expressed. The highest concentrations of T_3 were determined in the period of minimum daylight hours (December) and increase in March, but minimal levels of T_3 was in the period of maximal daylight hours (June). The opposite dynamics of changes in concentrations was determined for thyroxine: i.e. the maximal levels of T_4 was detected during the longest daylight hours (June), and minimum – in December. Finally, annual changes in TSH are not so significant.

Thus, it was observed heterogeneity of changes in the levels of the studied hormones inside the pituitary – peripheral gland. A similar result was showed by other researchers [19], [20].

The role of the pituitary-thyroid system in the processes of adaptation of the body to changing environmental conditions is particularly evident in the winter. It is at this time to maintain homeostasis there is a need to increase the basic metabolism [21], [22], which is mainly carried out by means of triiodothyronine. And T_3 is formed mainly by peripheral conversion from T_4 . Apparently, this explains the significant increase in winter – spring level of triiodothyronine, and a decrease in thyroxine is associated with increased conversion to T_3 . In June, on the contrary, the peaks of thyroid hormone concentrations are changing opposite – determined by the minimum content of T_3 with a simultaneous maximum of T_4 .

As you know, thyroid hormones are necessary to ensure the processes of growth and development of the body, differentiation of tissues, regulation of metabolism and energy, maintaining a certain level of activity of the functional systems of the body, the development of adaptive reactions [23], [24], [25]. TSH is the main, central regulating link of secretion of thyroid hormones, therefore, any changes in its concentration can lead to large-scale restructuring of the functioning of all systems of vital activity of the body, a disturbance of homeostasis [26], [27]. This may explain the lack of significant changes in TSH levels during the year.

Thus, the maintenance of homeostasis in winter is provided by the activation of the peripheral link of the pituitary – thyroid gland, through enhanced conversion of thyroxine into triiodothyronine.

Conclusions

1 Boys of the higher latitude territory were found to have circannual changes in the blood serum of thyroid hormones (thyroxine, triiodothyronine).

2 The peak of triiodothyronine secretion was determined in winter-spring; but the peak of thyroxine secretion was detected in summer-autumn.

3 Factor dependence of the content of hormone levels on the duration of daylight hours was established, and in children in the second half of puberty this dependence is more significant.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Bova, T.L. Environmental stressors influencing hormones and systems physiology in cattle / T.L. Bova et al. // Reproductive biology and endocrinology. – 2014. – Vol. 12(58). DOI:10.1186/1477-7827-12-58.
2. Gibbs, D.C. Gene duplication and the environmental regulation of physiology and development / D.C. Gibbs, K. Donohue // Ecology and evolution. – 2014. – Vol. 4(11). – pp. 2202-2216. DOI:10.1002/ece3.1099.
3. Killen, S.S. Environmental stressors alter relationships between physiology and behavior / S.S. Killen et al. // Trends in ecology & evolution. – 2013. – Vol. 28(11). – pp. 651-658. DOI:10.1016/j.tree.2013.05.005.
4. Cai, Y.P. An integrated approach for climate-change impact analysis and adaptation planning under multi-level uncertainties. Part I: Methodology / Y.P. Cai, G.H. Huang, Q. Tan, Z.F. Yang // Renewable & sustainable energy reviews. – 2011. – Vol. 15(6). – pp. 2779-2790. DOI: 10.1016/j.rser.2011.03.013
5. Clay, N. Integrating livelihoods approaches with research on development and climate change adaptation / N. Clay // Progress in development studies. – 2018. – Vol. 18(1). – pp. 1-17. DOI: 10.1177/1464993417735923
6. Bulla, M. Marine biorhythms: bridging chronobiology and ecology / M. Bulla et al. // Philosophical transactions of the royal society b-biological sciences. – 2017. – Vol. 372(1734). – 20160253. DOI: 10.1098/rstb.2016.0253

7. Csernus, V. Biorhythms and pineal gland / V. Csernus, B. Mess // *Neuroendocrinology letters*. – 2003. – Vol. 24(6). – pp. 404-411.
8. Brooks, E. Development of circadian rhythms: Role of postnatal light environment / E. Brooks, M.M. Canal // *Neuroscience and bio behavioral reviews*. – 2013. – Vol. 37(4). – pp. 551-560. DOI: 10.1016/j.neubiorev.2013.02.012
9. Guan, J. Characteristics of Infradian and Circadian Rhythms in the Persistent Vegetative State / J. Guan et al. // *Journal of international medical research*. – 2011. – Vol. 39(6). – pp. 2281-2287. DOI: 10.1177/147323001103900625
10. Pedersen, E.B. Plasma amino acids in Greenlanders and Danes. influence of seasons, residence, ethnicity, and diet / E.B. Pedersen // *American Journal of Human Biology*. – 2006. – Vol. 18(1). – pp. 99-111. doi: 10.1002/ajhb.20460.
11. Stokkan, K.A. Adaptations for life in the Arctic: evidence that melatonin rhythms in reindeer are not driven by a Circadian oscillator but remain acutely sensitive to environmental photoperiod / K.A. Stokkan, B. van Oort, N. Tyler et al. // *J Pineal Res*. – 2007. – Vol. 43. – pp. 289-293. DOI: 10.1111/j.1600-079X.2007.00476.x.
12. Dawson, A. Photoperiodic control of seasonality in birds / A. Dawson, V. King, G. Bentley, G. Ball // *J Biol Rhythms*. – 2001. – Vol. 16. – pp. 365-380. DOI: 10.1177/074873001129002079.
13. Abass, K. Arctic monitoring and assessment program: New approaches in human health risk assessment / K. Abass, A. Carlsen, A. Rautio // *International journal of circumpolar health*. – 2016. – Vol. 75. – 33845. DOI: 10.3402/ijch.v75.33845
14. Adlard, B. Future directions for monitoring and human health research for the Arctic Monitoring and Assessment Programme / B. Adlard et al. // *Global health action*. – 2018. – Vol. 11(1). – 1480084. DOI: 10.1080/16549716.2018.1480084
15. Deveci, D. The effects of reduced temperature and photoperiod on body composition in hibernator and non-hibernator rodents / D. Deveci, S. Egginton // *Journal of Thermal Biology*. – 2002. – Vol. 27(6). – pp. 467-478. DOI: 10.1016/S0306-4565(02)00019-0.
16. West, A.C. Seasonal physiology: making the future a thing of the past / A.C. West, S.H. Wood // *Curr Opin Physiol*. – 2018. – Vol. 5. – pp. 1-8. DOI: 10.1016/j.cophys.2018.04.006.
17. Huryn, A.D. Seasonal changes in light availability modify the temperature dependence of secondary production in an Arctic stream / A.D. Huryn, J.P. Benstead // *Ecology*. – 2019. – Vol. 100(6). – e02690. DOI: 10.1002/ecy.2690
18. Paul, M.A. Light Treatment Improves Sleep Quality and Negative Affectiveness in High Arctic Residents During Winter / M.A. Paul et al. // *Photochemistry and photobiology*. – 2015. – Vol. 91(3). – pp. 567-573. DOI: 10.1111/php.12418
19. de Miera, C.S. Maternal photoperiod programs hypothalamic thyroid status via the fetal pituitary gland / C.S. de Miera et al. // *Proceedings of the national academy of sciences of the United States of America*. – 2017. – Vol. 114(31). – pp. 8408-8413. DOI: 10.1073/pnas.1702943114
20. Herwig, A. Hypothalamic ventricular ependymal thyroid hormone deiodinases are an important element of circannual timing in the Siberian hamster (*Phodopus sungorus*) / A. Herwig et al. // *PLoS ONE*. – 2013. – Vol. 8. – e62003, 2013. DOI: 10.1371/journal.pone.0062003.
21. Barrett, P. Hypothalamic thyroid hormone catabolism acts as a gatekeeper for the seasonal control of body weight and reproduction / P. Barrett et al. // *Endocrinology*. – 2007. – Vol. 148. – pp. 3608-3617. DOI: 10.1210/en.2007-0316.
22. Lomet, D. The impact of thyroid hormone in seasonal breeding has a restricted transcriptional signature / D. Lomet et al. // *Cell Mol Life Sci*. – 2018. – Vol. 75. – pp. 905-919. DOI: 10.1007/s00018-017-2667-x.
23. Dardente, H. Thyroid hormone and seasonal rhythmicity / H. Dardente, D.G. Hazlerigg, F.J.P. Ebling // *Frontiers Endocrinology*. – 2014. – Vol. 5. – pp. 19. DOI: 10.3389/fendo.2014.00019.
24. Ono, H. Involvement of thyrotropin in photoperiodic signal transduction in mice / H. Ono et al. // *Proc Natl Acad Sci USA*. – 2008. – Vol. 105. – pp. 18238-18242. DOI: 10.1073/pnas.0808952105.
25. Ross, A.W. Thyroid Hormone Signaling Genes Are Regulated by Photoperiod in the Hypothalamus of F344 Rats / A.W. Ross et al. // *PLoS ONE*. – 2011. – Vol. 6(6). – e21351. DOI: 10.1371/journal.pone.002135.
26. Bockmann, J. Short photoperiod-dependent down-regulation of thyrotropin-alpha and -beta in hamster pars tuberalis-specific cells is prevented by pinealectomy / J. Bockmann et al. // *Endocrinology*. – 1996. – Vol. 137(5). – pp. 1804-1813. DOI: 10.1210/en.137.5.1804
27. Ebling, F.J.P. The thyrotropin-releasing hormone secretory system in the hypothalamus of the Siberian hamster in long and short photoperiods / F.J.P. Ebling et al. // *Journal of neuroendocrinology*. – 2008. – Vol. 20(5). – pp. 576-586. DOI: 10.1111/j.1365-2826.2008.01702.x

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2021.113.11.067>**ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕДУРЫ АККРЕДИТАЦИИ В ГЕМАТОЛОГИИ**

Научная статья

Левченко О.К.^{1,*}, Хоменя Е.А.², Джулакян У.Л.³¹ ORCID: 0000-0003-1425-4370;^{1, 2, 3} Национальный медицинский исследовательский центр гематологии Минздрава России, Москва, Россия

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

Аннотация

Кратко рассмотрена историческая составляющая процесса обучения врачей и процесс эволюции проверки усвоенных навыков. Представлены некоторые особенности проведения аккредитации по специальности «гематология» в новых условиях. Показаны основные преимущества использования симуляторов, которые позволяют медицинским работникам получить как опыт новых, более совершенных практических навыков, так и отработать давно знакомые действия, но уже с учетом новых специализированных требований, которые появляются с течением времени в изменяющихся условиях. Изучены положительные стороны, а также различные сложности, возникающие в процессе обучения с помощью симуляционного оборудования в ходе учебных практик, задачей которых является формирование практических навыков с помощью использования симуляционных тренажеров, так как введение практических занятий для обучения с использованием современных манекенов позволят не только добиться совершенствования качества оказания медицинской помощи на догоспитальном и госпитальном этапах, но и значительно улучшить и разнообразить процесс аккредитации специалистов.

Ключевые слова: симуляционное обучение, качество медицинской помощи, аккредитация специалистов, гематология.

FEATURES OF THE ACCREDITATION PROCEDURE IN HEMATOLOGY

Research article

Levchenko O.K.^{1,*}, Khomenya E.A.², Dzbulakyan U.L.³¹ ORCID: 0000-0003-1425-4370;^{1, 2, 3} National Medical Research Centre for Hematology, Ministry of Health of Russia, Moscow, Russia

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

Abstract

The article briefly examines the historical component of the process of teaching doctors and the process of evolution of the verification of acquired skills, it also presents some features of the accreditation for the specialty "hematology" in the new conditions. The study demonstrates the main advantages of using simulators, which allow medical workers to both gain experience of new, more advanced practical skills, and to work out long-familiar actions while taking into account new specialized requirements that appear over time in changing conditions. The authors examine the positive aspects, as well as various difficulties that arise in the process of training with the help of simulation equipment during training practices, the task of which is to form practical skills through the use of simulators since the introduction of practical classes for training using modern mannequins will not only improve the quality of medical care at the pre-hospital and hospital stages but also significantly improve and diversify the process of accreditation of specialists.

Keywords: simulation training, quality of medical care, accreditation of specialists, hematology.

В основе современных медицинских знаний и умений накоплен тысячелетний опыт. История медицины начинается со счет с первобытных времен, когда распознавание заболеваний основывалось на простейших приемах (осмотр и ощупывание). Наибольшее значение для развития диагностики приобрела медицина Древней Греции [1]. Некоторые аспекты диагностики, разработанные Гиппократом, наблюдаются по сей день, например, метод наблюдения у постели больного – важнейший этап развития классической медицины и диагностики. После него диагностика и лечение в течение многих столетий не претерпевали существенных изменений), преимущественно с эпохой Возрождения появляются новые, более совершенные методы. Разработка таких диагностических методов как перкуссия, аускультация, термометрия приходятся на XVIII-XIX века. К началу XX века практическая медицина стала обогащаться различными лабораторными и инструментальными методиками: метод определения артериального давления Короткова, открытие X-лучей (К.Рентген, 1895), цисто- и ректоскопия, бронхоскопия (Г. Киллиан), офтальмоскопия (Г.Гельмгольц), определение количества белка в крови (Эсбах), метод дифференцированного подсчета лейкоцитов (Шиллинг, 1912 г.), метод стеральной пункции (Аринкин М.А 1927) [2]. Постепенно изменилось и представление о сущности патологических процессов в организме. Развитие медицины увеличило количество врачебных специальностей - сейчас официально в нашей стране более ста специальностей. Изобретение и развитие новых методов диагностики и лечения, внедрения их во врачебный процесс требует обучения специалистов, отработки и постановки методик. Отражение этому – в образовании: если в позапрошлом веке для работы врачом достаточно было успешно закончить учебное заведение, то XX век потребовал уже длительной практической отработки полученных знаний и периодического повышения врачебной квалификации с обязательным получением сертификата. В XXI веке качество медицинской помощи достигается путем непрерывного профессионального образования врачей и прохождения процедуры периодической аккредитации.

Интенсивное развитие гематологии приходится на последнюю четверть XX и XXI веков. Оно характеризуется появлением цитогенетических, молекулярно-генетических, иммунологических, иммуноморфологических методов, повлекших новые подходы к диагностике и лечению заболеваний крови. Наиболее известные гематологические центры

сложились в Москве и Ленинграде в 1960–1970 гг. [2].

Важным событием для молодых специалистов, как и для врачей, расширивших свои профессиональные компетенции и получивших диплом о специализированном образовании, является «процедура первичной специализированной аккредитации специалиста, т.е. определения соответствия лица, получившего медицинское, фармацевтическое или иное образование, требованиям к осуществлению медицинской деятельности по определенной медицинской специальности либо фармацевтической деятельности» (Ч.І п.2 «Положение об аккредитации специалистов», утверждено Приказом Министерства здравоохранения Российской Федерации от 2 июня 2016 года N 334н (с изменениями на 28 сентября 2020 года).

Прохождение процедуры аккредитации по гематологии подразумевает тестирование как преимущественную оценку теоретических знаний специалиста, и практико-ориентированный этап. Последний направлен на проверку мануальных навыков врача, и знаний современных клинических рекомендаций по диагностике, лечению и профилактике различных нозологий. По гематологии практико-ориентированный этап состоит из оценки таких навыков, как: оказание экстренной медицинской помощи, проведение сердечно-легочной реанимации, люмбальной пункции, внутривенной инъекции, определение группы крови, а также решение ситуационных задач по специальности «гематология».

Распознать болезнь возможно лишь грамотно проведя расспрос, осмотр, изучив историю настоящего заболевания, анамнез жизни, верно применив физические исследования (пальпацию, перкуссию, аускультацию), назначив лабораторные и инструментальные методы исследований, лечение. Работа специалиста с пациентом не всегда полностью безопасна и включает возможность нарушения врачебной деонтологии, неправильно выполненной манипуляции. В связи с этим в настоящее время активно развивается подготовка врачей в симулированных условиях [3]. На данном этапе симуляторам поручены две важнейшие вещи: обучение, оттачивание навыков и умений и помощь в оценке компетенций врача. Вопрос о необходимости использования симуляторов в процессе обучения врачебному и сестринскому делу стоял остро всегда [4]. Огромный теоретический фундамент, накопленный медицинскими науками, и его практическое применение требовало и продолжает требовать при обучении специалистов по разным медицинским специальностям многократной отработки стандартизированных навыков, включающих владение на хорошем уровне конкретным медицинским инструментом – от достаточно элементарного до высокотехнологичного – и приобретения определенного мастерства при проведении манипуляций. Разумеется, залогом уверенных действий врача является многократная их отработка. Приобретение профессиональных навыков происходит постепенно – от общих к частным, узкоспециализированным, в данной ситуации количество должно перейти в качество, и количественный вопрос как раз и диктует необходимость применения специальных манекенов и симуляторов.

Манекены и симуляторы продемонстрировали свое преимущество и постепенно вытеснили все иные виды профессиональных экзаменов. Помимо многократной практики для аккредитуемого, искусственный пациент предоставляет прекрасную возможность для объективной оценки навыков врача. Благодаря выводу на экран компьютера данных о действиях аккредитуемого, к примеру, о глубине компрессий при оказании экстренной медицинской помощи, вероятность неадекватного и необъективного оценивания сводится практически к нулю, что демонстрирует удобство применения симуляционного оборудования для проведения практической части экзаменов на профессиональную пригодность.

Производители имитаторов подчеркивают достоинства своих изделий и продолжают дорабатывать функционал, усложняя сценарии, увеличивая количество симулированных ситуаций. Преимущества таких роботов очевидны: прекрасная возможность отработки навыков почти до автоматизма, искоренение вечного спора с религиозными структурами, отсутствие необходимости прохождения длительной по времени практики в лечебных учреждениях и прекращение поисков учебных ситуаций на людях [5]. Психологически будущему врачу гораздо легче провести первые манипуляции на искусственном материале, отработать теоретические и практические нюансы процедуры, основной набор действий, понять и осознать структуру процесса. И чем более манекен естественен, чем более схож с человеческим телом, тем результативнее процесс отработки уже имеющегося навыка или обучения манипуляции с неизвестным медицинским оборудованием. В большой степени облегчает отработку навыков и осознание того, что проводимая процедура безопасна для жизни искусственного пациента. Манекен идеален для соединения теории с начальной практикой и, что немаловажно, инфекционно малоопасен. При этом один манекен способен симулировать несколько ситуаций, что позволяет, не меняя «пациента», опробовать наиболее распространенные ситуации, приобрести, закрепить и расширить определенные компетенции. Очень важно в данном случае то, что в учебном варианте возможно отрабатывать определенную часть ситуации (с того момента, как была допущена ошибка, или обучающийся не справился с ситуацией), доведение действий до определенного автоматизма [6], [7].

Во второй половине XX века качество и имитационная сторона манекенов-симуляторов ощутимо шагнули вперед, и, разумеется, это далеко не предел, а значит, будут появляться все более и более реалистичные модели, которые смогут охватить гораздо больше ситуаций и не просто в количественном отношении, но и в качественном – возможно, стоит надеяться на сложность будущих смоделированных ситуаций [8].

Проверку готовности врача к решению профессиональных задач на практическом уровне, что является основой профессиональной деятельности, осуществляют с помощью множественных кейсов или ситуационных задач, которые представляют из себя не просто симулированную ситуацию, смоделированный алгоритм, а вполне реальную ситуацию, которая требует практического решения и ожидаемого результата. Слово «кейс» точнее всего передает особенность данного задания: это именно кейс с уже имеющимися данными и необходимостью правильно поставить диагноз или дальше наполнить этот кейс грамотными назначениями для выяснения/уточнения диагноза, поставленного ранее [9], [10]. Именно множественные кейсы призваны показать способность и готовность аккредитуемого действовать в рамках решения ежедневных проблемных случаев в своей практической деятельности. Кейс-задания не предполагают использование каких-то очень сложных, редких нозологий или нехарактерных

проявлений заболевания. Сложность заключается в том, что неправильные ответы привлекательны для аккредитуемого и создают впечатление возможности применения в конкретной ситуации. Решение ситуационной задачи представляет собой достаточно трудоемкий процесс, который обеспечивает реализацию стратегии по снижению числа ошибок, связанных с недостаточной квалификацией медицинских работников.

Заключение

Систематизация знаний специалиста и объективная их оценка возможны с помощью системы поэтапного изучения материала и его отработки в условиях методического аккредитационно-симуляционного центра. Обязательное прохождение процедуры аккредитации специалистами позволит существенно улучшить качество медицинской помощи.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Бергер Е.Е. Хрестоматия по истории медицины. Учебное пособие / Е.Е. Бергер, М.С. Тютюнская. Под ред. Д.А. Балалыкина. М.: Литерра; 2012; 624 с.
2. Пропагандистика внутренних болезней / под ред. Василенко В.Х. М.: Медицина; 1974; 527 с.
3. Найговзина Н.Б. Общероссийская система симуляционного обучения, тестирования и аттестации в здравоохранении / Н.Б. Найговзина, В.Б. Филатов, М.Д. Горшков и др. М.: 2012; 56 с.
4. Шарова О.Я. Преимущество и недостатки симуляционного обучения в рамках учебной и производственных практик у студентов начальных курсов / О.Я. Шарова, Ж.Е. Турчина, Н.П. Вахрушева и др. // Виртуальные технологии в медицине. 2019;(1):35-38. DOI: 10.46594/2687-0037_2019_1_35
5. Симуляционное обучение по специальности "Лечебное дело" / Под ред. А.А. Свистунова. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2014; 288 с.
6. Чурсин А.А. Остановка жизнеугрожающих кровотечений - один из важнейших навыков симуляционной подготовки по экстренной медицинской помощи / А.А. Чурсин, А.С. Лыткина, А.В. Подопригора и др. // Виртуальные технологии в медицине. 2021;1(3):119-120. DOI: 10.46594/2687-0037_2021_3_1315
7. Шабунин А.В. Симуляционное обучение. Руководство / А.В. Шабунин, Ю.И. Логвинов. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2018. 792 с.
8. Симуляционное обучение в медицине / Под ред. А.А. Свистунова. М.: Изд-во Первого МГМУ им. И.М. Сеченова, 2013. 288 с.
9. Сборник практических руководств для медицинских преподавателей / Под ред. Балкизова З.З. М.: Наука; 2016. 552 с.
10. Общероссийская общественная организация «Российское общество симуляционного обучения в медицине» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.rosomed.ru/> (дата обращения: 12.10.2021)

Список литературы на английском языке / References in English

1. Berger E.E. Khrestomatija po istorii mediciny. Uchebnoe posobie [Anthology of the history of medicine. A Manual] / E.E. Berger, M.S. Tutorskaja // Edited by. D.A. Balalykina. M.: Litera; 2012; 624 p. [in Russian]
2. Propedeutika vnutrennikh boleznej [Propaedeutics of internal diseases]. Edited by V.Kh. Vasilenko. M.: Medicina; 1974; 527 p. [in Russian]
3. Najjgovzina N.B. Obshherossijskaja sistema simuljacionnogo obuchenija, testirovanija i attestacii v zdravookhranении [All-Russian system of simulation training, testing and examination in healthcare system] / N.B. Najjgovzina, V.B. Filatov, M.D. Gorshkov et al. // M.: 2012; 56 p. [in Russian]
4. Sharova O.Ja. Preimushhestvo i nedostatki simuljacionnogo obuchenija v ramkakh uchebnoj i proizvodstvennykh praktik u studentov nachal'nykh kursov [Pros and cons of simulation training in the framework of educational and work experience internships of junior students] / O.Ja. Sharova, Zh.E. Turchina, N.P. Vakhrusheva et al. // Virtual'nye tekhnologii v medicine [Virtual technologies in medicine]. 2019;(1):35-38. [in Russian]
5. Simuljacionnoe obuchenie po special'nosti "Lechebnoe delo" [Simulation training of general medicine] / Edited by Svistunova A.A. M.: GEOTAR-Media; 2014; 288 p. [in Russian]
6. Chursin A.A. Ostanovka zhizneugrozhajushchikh krvotechenij - odin iz vazhnjejshikh navykov simuljacionnoj podgotovki po ehkstremlnoj medicinskoj pomoshhi [A skill of stopping life-threatening bleeding is one of the key skills of simulation training of emergency first aid] / A.A. Chursin, A.S. Lytkina, A.V. Podoprighora et al. // Virtual'nye tekhnologii v medicine [Virtual technologies in medicine] 2021;1(3):119-120. [in Russian]
7. Shabunin A.V. Simuljacionnoe obuchenie [Simulation training] / A.V. Shabunin, Ju.I. Logvinov // Rukovodstvo. M.: GEOTAR-Media, 2018. 792 p. [in Russian]
8. Simuljacionnoe obuchenie v medicine [Simulation training in the medical field] / Edited by A.A. Svistunova. Publishing house of I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University). 2013. 288 p. [in Russian]
9. Sbornik prakticheskikh rukovodstv dlja medicinskih prepodavatelej [Compendium of Practice Guides for Medical Educators]. Edited by Z.Z. Balkizova M.: Nauka; 2016. 552 p. [in Russian]
10. Obshherossijskaja obshhestvennaja organizacija «Rossijskoe obshhestvo simuljacionnogo obuchenija v medicine» [All-Russian public organization "Russian community of simulation training in medicine"] [Electronic resource]. URL: <http://www.rosomed.ru/> (accessed: 12.10.2021) [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2021.113.11.068>**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДОВ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ
ГАСТРОДУОДЕНАЛЬНЫХ ПЕРФОРАТИВНЫХ ЯЗВ**

Научная статья

Магомедов М.М.^{1,*}, Омаров М.Д.², Магомедов М.А.³^{1, 2, 3} Дагестанский государственный медицинский университет, Махачкала, Россия

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

Аннотация

Перфорация является угрожающим осложнением язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки и в большинстве случаев требует немедленного хирургического вмешательства.

Цель. Оценка целесообразности и безопасности лапароскопического оперативного вмешательства в лечение гастродуоденальной перфорации пациентов с критериями перитонита по сравнению с открытым доступом.

Оперативному вмешательству были подвергнуты 169 пациентов с перфоративной язвой желудка и двенадцатиперстной кишки. Из этих пациентов 125 (74%) были мужчины и 44 (20%) – женщины. Средний возраст составил 42 года. Оценивали несколько параметров у пациентов, такие как пол, возраст, сопутствующие заболевания, наличие перитонита, осложнений, смертность и классификация Клавье-Диндо.

За исследуемый период 169 пациентам была проведена экстренная операция по поводу перфоративной язвы (ПЯ). Лапароскопический подход был опробован у 60 пациентов и полностью выполнен у 49 из них (коэффициент конверсии 18,3%). В открытую группу вошли 120 пациентов. Сравнивая лапароскопическую с открытой группой, были выявлены достоверные различия по полу соотношение мужчин и женщин 7,2/1 против 2,2/1 соответственно ($p=0,009$) и по наличию критериев сепсиса 12,2% против 38,3% соответственно ($p=0,009$), $p=0,001$), в то время как оценка Боеу не показала различий между двумя группами. Время операции было больше в лапароскопической группе (медиана 100' против 80', $p=0,01$). Лапароскопия была связана с несколько ранних послеоперационных осложнений 18,4% против 41,7%, ($p=0,004$), смертности 2,0% против 14,2% ($p=0,02$), сокращение пребывания в стационаре в среднем 6 дней против 7 ($p=0,001$).

Лапароскопическая технология является эффективным методом при наличии специальных знаний и лапароскопического оборудования. Такая технология связана с более короткой продолжительностью пребывания в клинике, и более ранней активизации пациентов. У пациентов с критериями перитонита требуется большего опыта для безопасного проведения оперативного вмешательства при лечении перфоративной язвы желудка и двенадцатиперстной кишки.

Ключевые слова: язвенная болезнь, перфорация, заболеваемость, язвенная болезни желудка и двенадцатиперстной кишки.

**COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF THE METHODS OF SURGICAL TREATMENT
OF GASTRODUODENAL PERFORATING ULCERS**

Research article

Magomedov M.M.^{1,*}, Omarov M.D.², Magomedov M.A.³^{1, 2, 3} Dagestan State Medical University, Makhachkala, Russia

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

Abstract

Perforation is a threatening complication of gastric and duodenal ulcers and in most cases requires immediate surgical intervention.

The aim of the study is an assessment of the feasibility and safety of laparoscopic surgical intervention in the treatment of gastroduodenal perforation in patients with peritonitis criteria compared with open access.

The study involved 169 patients with perforated gastric and duodenal ulcers subjected to surgical intervention. Of these patients, 125 (74%) were male and 44 (20%) were female. The median age was 42 years. The research evaluated such parameters as gender, age, comorbidities, presence of peritonitis, complications, mortality, and Clavien-Dindo classification.

In the course of the research, 169 patients underwent emergency surgery related to a perforated ulcer. The laparoscopic approach was tested in 60 patients and fully performed in 49 of them (conversion rate of 18.3%). The open group included 120 patients. Comparing the laparoscopic group with the open group, significant differences were revealed by gender, the ratio of men and women was 7.2/1 vs. 2.2/1, respectively ($p=0.009$) and by the presence of sepsis criteria, 12.2% vs. 38.3%, respectively ($p=0.009$), $p=0.001$), while the Boey score showed no differences between the two groups. The operation time was longer in the laparoscopic group (median 100' vs. 80', $p=0.01$). Laparoscopy was associated with several early postoperative complications 18.4% vs. 41.7%, ($p=0.004$), mortality 2.0% vs. 14.2% ($p=0.02$), reduction of hospital stay on average is 6 days vs. 7 ($p=0.001$).

Laparoscopic technology is an effective method in the presence of special knowledge and laparoscopic equipment. This technology is associated with a shorter duration of stay in the clinic, and earlier activation of patients. In patients with peritonitis criteria, more experience is required for safe surgical intervention in the treatment of perforating ulcers of the stomach and duodenum.

Keywords: peptic ulcer, perforation, morbidity, peptic ulcer of the stomach and duodenum.

Введение

Язвенная болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки (ЯБДК) – клиническое состояние, возникающее в результате дисбаланса между ulcerогенными факторами и защитными барьерами слизистой оболочки желудка и двенадцатиперстной кишки.

Результаты исследований свидетельствуют о гетерогенной природе заболеваемости и распространенности прободной язвы (ПЯ) во всем мире [1]. При этом, по мнению большинства авторов, эрадикационная терапия *Helicobacter pylori* и применения ингибиторов протонной помпы (ИПП) способствуют уменьшению частоты развития ЯБДК [2].

Последние десятилетия характеризуются увеличением возрастной категории лиц, страдающих данной патологией; равномерным распределением частоты встречаемости среди мужчин и женщин; более частой локализацией в желудке по сравнению с двенадцатиперстной кишкой [3].

Несмотря на снижение регистрации ЯБДК, общее число таких осложнений, как кровотечение и перфорация, продолжает оставаться стабильным [4].

Перфорация язвенной болезни представляет собой основное показание к экстренному хирургическому вмешательству при перфоративной язве желудка и двенадцатиперстной кишки (ПЯЖДК) [2], [5].

Некоторые перфорации могут рассасываться спонтанно, и эти пациенты могут лечиться неоперативно. Наличие сепсиса, генерализованного перитонита или неудачное неоперативное лечение является показанием к экстренной операции [6]. Наиболее часто используемой техникой является ушивание перфорации, с сальниковой заплатой или без нее посредством применения минимально инвазивного подхода. Результаты недавно проведенных исследований свидетельствуют о том, что лапароскопическая репарация ПЯЖДК выполняется у 1/3 пациентов [6], [7].

Цель. Оценка целесообразности и безопасности лапароскопического оперативного вмешательства в лечение гастродуоденальной перфорации пациентов с критериями перитонита по сравнению с открытым доступом.

Материалы и методы. В период с января 2016 года по 2019 год 169 пациентов (125 мужчин (74%) и 44 (26%) женщин; средний возраст- 42 года (диапазон 18–76 лет)) получили хирургическое лечение ПЯ.

В исследование не включались больные с консервативной тактикой ведения и лица со злокачественными новообразованиями желудка или двенадцатиперстной кишки.

Пациенты были разделены на две группы: группа лапароскопии 60 пациентов (40,2±2,01) и группа лапаротомии 109 пациентов (53,1±2,66). Пациенты, которым потребовалась конверсия, были включены в группу открытых оперативных вмешательств.

При сравнении обеих групп наблюдались достоверные различия в гендерном распределении соотношение мужчин и женщин составило 7,2: 1 в группе лапароскопии и 2,2:1 в группе лапаротомии.

Дополнительно был проведен анализ подгруппы пациентов-52 человека (30,8%), у которых на момент постановки диагноза имелись признаки перитонита [8]. У 33 (19,5%) человек из них наблюдался перитонит и у 19 (11,2%) – симптом системной воспалительной реакции с развитием сепсиса.

Для оценки наличия сепсиса или септического шока на момент постановки диагноза использовали 3-е Международное консенсусное определение сепсиса и септического шока (Sepsis-3) [9].

Статистический анализ. Критерий Хи-квадрат использовался для сравнения категориальных переменных и непараметрический U- критерий Манна-Уитни для непрерывного анализа данных. Коэффициенты вероятности были приняты с помощью логистической регрессии и скорректированы с учетом пола и возраста. Для выполнения всех статистических анализов использовался SPSS 24,0 (SPSS Inc., Chicago, IL). Значение $p < 0,05$ было принято, как статистически значимое.

Результаты исследования

Анализ полученных результатов представлен в таблицах 1, 2 и на рисунке 1.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика основных показателей пациентов ПЯЖДК

Показатели	Лапароскопия (n=60)		Лапаротомия (n=109)		Всего (n= 169)		p
	кол-во	%	кол-во	%	кол-во	%	
Мужчины	43	71,7	82	75,2	125	74	0,002
Женщины	6	10,0	38	34,9	44	26	
Возраст (годы)	48	21–81	53	34,9	52	21-97	
Сопутствующие заболевания	25	41,7	72	60,1	97	57,4	0,284
Критерии перитонита:							
Ограниченный	28	46,7	46	42,2	74	43,9	0,001
Разлитой	5	8,3	28	25,7	33	19,5	
Сепсис	-	-	3	2,8	-	-	
Boey score							
0	22	36,7	43	39,4	65	38,5	0,317
1	17	38,3	35	32,7	52	30,8	
2	7	11,7	28	25,7	35	20,7	
3	3	5,0	14	12,8	17	10,1	

Окончание таблицы 1 – Сравнительная характеристика основных показателей пациентов ПЯЖДК

Показатели	Лапароскопия (n=60)		Лапаротомия (n=109)		Всего (n= 169)		p
	кол-во	%	кол-во	%	кол-во	%	
Категория (Boey score)							
Boey score < 2	39	65	78	71,6	117	69,2	0,062
Boey score ≥ 2	10	15,7	42	38,5	52	47,7	
Время поступления							
<12	19	31,7	41	36,7	60	35,5	0,700
12<24	13	21,7	29	26,6	42	24,9	
>24	17	28,3	50	45,9	67	39,6	
Локализация язвы							
Желудок	22	36,6	58	53,2	80	47,3	0,305
Пилорический отдел	16	26,7	47	43,1	63	57,8	
Двенадцатиперстна я кишка	11	18,3	14	12,8	25	14,8	
Гастродуоденал ьный анамнез	0	0	1	0,9	1	0,6	

Представленные данные свидетельствуют о том, что большинство пациентов 102 (60,4%) были прооперированы менее чем через 24 часа после появления симптомов. Между двумя группами не было обнаружено различий в отношении временного интервала от симптомов до операции.

Перфоративная язва желудка наблюдалась у 80 (47,3%) пациентов, пилорического отдела – у 63 (37,3%).

Таблица 2 – Сравнительная характеристика методов оперативного лечения и их осложнений

Показатели	Лапароскопическая операция (n=60)		Открытая операция (n=109)		Всего (n= 169)		p
	кол-во	%	кол-во	%	кол-во	%	
Методы операций							
Ушивание	60	100	104	95,4	164	97	0,323
Резекция	0	0	5	4,6	5	3	
Биопсия с места язвы							
+	8	13,3	48	44	56	33,1	<0,001
-	14	23,3	6	5,5	20	11,8	
Оперативное время, минуты	85 (45–111)*		80 (40–160)		-		-
Осложнения							
класс I	0	0*	1	0,9	1	0,6	0,032
класс II	3	5,0	12	11	15	8,9	
класс III	5	8,3	7	6,4	12	7,1	
класс IV	0	0	13	11,9	13	7,8	
класс V	1	1,6	17	15,6	18	10,7	
Смертность	1	1,6	17	15,6	18	10,7	0,02
Несостоятельность швов	2	3,3	5	4,6	7	4,6	0,980
Релапоротомия	3	5,0	13	11,9	16	9,5	0,343
Поздние осложнения (>30 дней)	5	8,3	15	13,7	20	11,8	0,369
Пребывание в больнице (дни, медиана и диапазон)	6 (4–79)**		7 (1–99)		7 (1–100)		0,001

Примечание: $p < 0,05$ -достоверность различия признака между группами; $p < 0,01$ -достоверность различия признака между группами

Резекция желудка выполнена 5 пациентам открытым доступом по методике Бильрот 2.

Биопсия стенки язвы взята интраоперационно у 56 (70%) пациентов: 8 (36,4%) в группе лапароскопии и 48 (82,8%) пациентов в группе лапаротомии ($p < 0,05$). Признаков злокачественности у всех пациентов не было обнаружено.

Среднее время операции в группе лапаротомии и в группе лапароскопии составило 81 и 98 минут соответственно ($p=0,05$).

Ранние осложнения (<30 сут.) выявлены у 59 (34,9%) пациентов: 9 (18,4%) в группе лапароскопии и 50 (41,7%) в группе лапаротомии, $p=0,004$. Согласно классификации Клавье-Диндо, осложнения I и II степени в основном респираторные или раневые инфекции, после антибиотикотерапии наблюдались у 16 (27,1%) пациентов, осложнения III степени были зарегистрированы у 12 (20,7%) пациентов, а осложнения IV степени – у 13 (22,0%).

Общая летальность составила 18 (10,7%), в группе лапароскопии 1(2%) и 17 (14,2%) в группе лапаротомии ($p=0,02$). Наиболее частой причиной смерти была системная воспалительная реакция с развитием тяжелой формы сепсиса с полиорганной недостаточностью.

Релапаротомия потребовалась 16 пациентам, 3 (6,1%) в группе лапароскопии и 13 (10,8%) в группе лапаротомии. Было зарегистрировано 7 случаев несостоятельности швов: 2 (4,1%) в лапароскопической группе и 5 (4,2%) в группе вмешательств открытым доступом ($p=0,980$). Несостоятельность швов привела к релапаротомии у 6 пациентов, консервативному лечению (антибиотикотерапия+чрескожное дренирование) у 1 пациента. Все повторные операции выполнялись методом срединной лапаротомии. Другой причиной повторного оперативного вмешательства был третичный перитонит (у 5 пациентов).

Средняя продолжительность пребывания в стационаре при лапароскопии составила 6 дней (4–14) по сравнению с 7 днями (5–18) в группе лапаротомии, ($p=0,001$); медиана времени возобновления приема пищи внутрь после операции - 3 суток в группе лапароскопии по сравнению с 4 сутками в группе лапаротомии ($p=0,021$).

Поздние осложнения (в основном, послеоперационные грыжи) (>30сут.) наблюдались у 5 (10,4%) пациентов, подвергшихся лапароскопическому вмешательству ПЯЖДК и у 15 (16%) пациентов, перенесших открытую операцию.

Анализ статистической обработки материала с корреляцией на метод оперативного вмешательства и гендерно-возрастную характеристику позволил установить факт того, что лапароскопия снижала вероятность послеоперационных осложнений и летальности на 68,5%, (ДИ 95% 0,140–0,707, $p=0,005$) и 87,4% (ДИ 95% 0,016–0,967, $p=0,047$) соответственно, а

женский пол (2,378; ДИ 95% 1,175–4,812, $p=0,016$) и возраст (057; ДИ 95% 1,034–1,081, $p<0,001$) были факторами риска для послеоперационных ранних осложнений и смертности (4,301; ДИ 95% 1,574–11,752, $p=0,004$ и 1,047; ДИ 95% 1,016–1,079, $p=0,003$, соответственно).

В подгруппе пациентов с перитонитом 46 (88,5%) из 52 были оперированы открытым способом.

Сравнительная характеристика частоты развития осложнений у данной категории больных приведена на Рисунке 1.

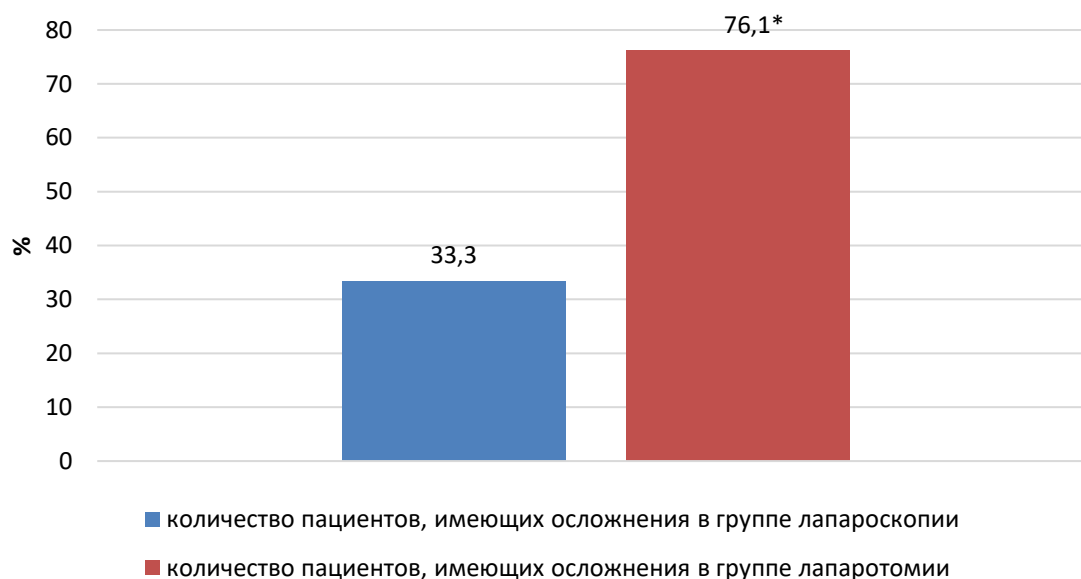


Рис. 1 – Сравнительная характеристика частоты развития осложнений у подгруппы пациентов с перитонитом в зависимости от способа оперативного вмешательства

Примечание: $p < 0,05$ -достоверность различия признака между группами

В этих подгруппах пациентов наблюдались достоверные различия в послеоперационных осложнениях (33,3%) в группе лапароскопии и 76,1% в группе лапаротомии ($p<0,05$). Лапароскопия ассоциировалась со снижением послеоперационных осложнений на 84,3% (ОШ 0,157; ДИ 95% 0,025–0,977, $p=0,047$). Пол и возраст не были связаны с послеоперационными осложнениями в данной подгруппе.

Обсуждение. В нашем исследовании ПЯЖДК чаще была верифицирована у пациентов мужского пола и в пределах медианы возраста 42 года [4], [6], [8].

Поскольку перфоративная язва является серьезным осложнением язвенной болезни, интервал от симптомов до операции является важным прогностическим фактором развития осложнений и смертности [9]. Каждый час задержки снижает вероятность выживания на 2–4% [10]. Большинство наших пациентов были прооперированы в течение 24 часа.

Стратификация риска проводилась с использованием оценки Воеу, одной из наиболее специфичных валидированных оценок, используемых для ПЯЖДК [4], [11].

Пациенты с распространенным перитонитом были прооперированы преимущественно посредством лапаротомии и имели более высокие показатели послеоперационных осложнений и летальности. Хотя оценка Bоеу ≥ 2 считается маркером плохого прогноза, в данном исследовании только у 34 из 52 пациентов (оценка Bоеу ≥ 2) наблюдался сепсис.

Хирургическое лечение выбиралось в каждом конкретном случае с учетом опыта хирургов в лапароскопии. Мы наблюдали, что лапароскопическая технология ПЯЖДК была выполнена у 29% пациентов, что согласуется с недавно опубликованными данными о том, что лапароскопическая технология используется у 3–33% пациентов [6], [8], [9], [12].

Коэффициент конверсии 18,3% ниже, чем у других исследований 25–44% [9], [10], [13], [14].

Среднее время операции было больше при лапароскопической технологии.

Ранние послеоперационные осложнения возникли у 59 (34,9%) наших пациентов с общей летальностью (10,7%). При анализе лапароскопическая технология имела значительно более низкую частоту осложнений и летальности по сравнению с открытым оперативным вмешательством. При анализе с поправкой на пол и возраст статистически значимых различий в отношении осложнений или смертности не обнаружено ($p < 0,05$). Соответственно, другие исследования не выявили существенных различий между лапароскопией и лапаротомией в отношении послеоперационных осложнений или смертности [14], [15].

Исходы после лапароскопических операции не уступают результатам открытой операции, даже при наличии критериев тяжести. По мере постоянного совершенствования хирургического опыта и периоперационной помощи в ближайшем будущем мы сможем наблюдать полный спектр преимуществ, приписываемых малоинвазивным методам, как это описано для других оперативных вмешательств.

Заключение

Результаты нашего исследования показали, что по сравнению с открытой операцией, лапароскопическая технология связана с более коротким оперативным временем, уменьшением послеоперационной боли, меньшей продолжительностью пребывания в стационаре и ранним возвращением к нормальной повседневной деятельности. Частота осложнений при лапароскопической операции снижена по сравнению с открытым оперативным вмешательством. Наличие перитонита или сепсиса не может считаться абсолютным противопоказанием для лапароскопической технологии ПЯ, но необходимы дополнительные исследования для оценки целесообразности и безопасности исходов у данной подгруппы пациентов.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Tarasconi, A. Perforated and bleeding peptic ulcer: WSES guidelines / Tarasconi, A., Coccolini, F., Biffi, W.L. et al. // World J Emerg Surg. - 2020. - 15. - 3-6. DOI: 10.1186/s13017-019-0283-9
2. Керимов М.К. Роль лапароскопии в лечении перфоративных гастродуоденальных язв / М.К. Керимов, Н.Ю. Коханенко, А.Л. Луговой и др. // Медицина и здравоохранение. – 2018. – Том 3. -№ 4. – С. 25–29.
3. Jamal M. Laparoscopy in Acute Care Surgery: Repair of Perforated Duodenal Ulcer / M. Jamal, A. Karam, N. Alsharqawi et al. // Med Princ Pract. - 2019.-vol.-28.-442-448. DOI: 10.1159/000500107
4. Moller M.H. Multicentre trial of a perioperative protocol to reduce mortality in patients with peptic ulcer perforation / M.H. Moller, S. Adamsen, R.W. Thomsen // British Journal of Surgery.-2011. –vol. - 98. - no.-6.- pp.802–810.
5. Wright G.P. Cost-efficiency and outcomes in the treatment of perforated peptic ulcer disease: laparoscopic versus open approach / G.P. Wright, A.T. Davis, T.J. Koehler et al. // Surgery.-2014. - vol. -156. - no.4.- pp.1003–1008.
6. Nirula R. Gastroduodenal perforation / R. Nirula // Surgical Clinics of North America.-2014.- vol.94.- no.1.- pp.31–34.
7. Thorsen K. Trends in diagnosis and surgical management of patients with perforated peptic ulcer / K. Thorsen, T.B. Glomsaker, A. von Meer et al. // Journal of Gastrointestinal Surgery.-2011.- vol.15.- no.8.- pp.1329–1335.
8. Лубановский В.Г. Эффективность малоинвазивных технологии в хирургии перфоративной язвы двенадцатиперстной кишки / В.Г. Лубановский, Н.Б. Омаров // Кубанский научный медицинский вестник. - 2013. - №4. - том.139. - С.70-72.
9. Seymour C.W. Assessment of clinical criteria for sepsis / C.W. Seymour, V.X. Liu, T.J. Iwashyna et al. // JAMA.-2016. - vol.315. - no.8.- pp.762–774.
10. Boey J. A prospective validation of predictive factors / J. Boey, S.K.Y. Choi, T.T. Alagaratnam et al. // Annals of Surgery.-1987. - vol.205. - no.1. - pp. 22–32.
11. Buck D.L. Surgical delay is a critical determinant of survival in perforated peptic ulcer / D.L. Buck, M. Vester-Andersen, and M.H. Moller // British Journal of Surgery.-2013. - vol.100. - no.8. - pp. 1045–1049.
12. Surapaneni S. The perforation-operation time interval; an important mortality indicator in peptic ulcer perforation / S. Surapaneni and A.V. Reddy // Journal of Clinical and Diagnostic Research. - 2013.-vol.7. - no.5.- pp.880–882.
13. Thorsen K. Scoring systems for outcome prediction in patients with perforated peptic ulcer / K. Thorsen, J.A. Soreide, and K. Soreide // Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine.-2013. -vol.21.- no.1.- p. 25-28.
14. Tarasconi, A. Perforated and bleeding peptic ulcer: WSES guidelines / Tarasconi, A., Coccolini, F., Biffi, W.L. et al. // World J Emerg Surg. - 2020. - 15. - 3-6. DOI: 10.1186/s13017-019-0283-9
15. Guadagni S. Laparoscopic repair of perforated peptic ulcer: single-center results / S. Guadagni, I. Cengeli, C. Galatioto et al. // Surgical Endoscopy.-2014. - vol.28/- no.8/- pp. 2302–2308.
16. Zimmermann M. Conversion of laparoscopic surgery for perforated peptic ulcer: a single-center study / M. Zimmermann, M. Hoffmann, T. Laubert et al. // Surgery Today.-2015. - vol.45.- no.11.- pp.1421–1428.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Tarasconi, A. Perforated and bleeding peptic ulcer: WSES guidelines / Tarasconi, A., Coccolini, F., Biffi, W.L. et al. // *World J Emerg Surg.* - 2020.- 15.- 3-6. DOI: 10.1186/s13017-019-0283-9
2. Kerimov M.K. Rol' laparoskopii v lechenii perforativnyh gastroduodenal'nyh jazv [The role of laparoscopy in the treatment of perforated gastroduodenal ulcers] / M.K. Kerimov, N.Yu. Kohanenko, A.L. Lugovoy et al. // *Medicina i zdavoohranenie [Medicine and healthcare].* - 2018. - Volume 3. - No. 4. - pp. 25-29. [in Russian]
3. Jamal M. Laparoscopy in Acute Care Surgery: Repair of Perforated Duodenal Ulcer / M. Jamal, A. Karam, N. Alsharqawi et al. // *Med Princ Pract.* - 2019.-vol.-28.-442-448. DOI: 10.1159/000500107
4. Moller M.H. Multicentre trial of a perioperative protocol to reduce mortality in patients with peptic ulcer perforation / M.H. Moller, S. Adamsen, R.W. Thomsen // *British Journal of Surgery.*-2011. -vol.- 98.- no.-6.- pp.802–810.
5. Wright G.P. Cost-efficiency and outcomes in the treatment of perforated peptic ulcer disease: laparoscopic versus open approach / G.P. Wright, A.T. Davis, T.J. Koehler et al. // *Surgery.*-2014.- vol.-156.- no.4.- pp.1003–1008.
6. Nirula R. Gastroduodenal perforation / R. Nirula // *Surgical Clinics of North America.*-2014.- vol.94.- no.1.- pp.31–34.
7. Thorsen K. Trends in diagnosis and surgical management of patients with perforated peptic ulcer / K. Thorsen, T.B. Glomsaker, A. von Meer et al. // *Journal of Gastrointestinal Surgery.*-2011.- vol.15.- no.8.- pp.1329–1335.
8. Lobanovsky V.G. Jefferktivnost' maloinvazivnyh tehnologij v hirurgii perforativnoj jazvy dvenadcatiperstnoj kishki [Effectiveness of minimally invasive technologies in surgery of perforated duodenal ulcer] / V.G. Lubanovsky, N.B. Omarov // *Kubanskij nauchny medicinskij vestnik [Kuban Scientific Medical Bulletin].* - 2013. - No. 4. - vol.139. - pp.70-72. [in Russian]
9. Seymour C.W. Assessment of clinical criteria for sepsis / C.W. Seymour, V.X. Liu, T.J. Iwashyna et al. // *JAMA.*-2016. - vol.315.- no.8.- pp.762–774.
10. Boey J. A prospective validation of predictive factors / J. Boey, S.K.Y. Choi, T.T. Alagaratnam et al. // *Annals of Surgery.*-1987. - vol.205. - no.1. - pp. 22–32.
11. Buck D.L. Surgical delay is a critical determinant of survival in perforated peptic ulcer / D.L. Buck, M. Vester-Andersen, and M.H. Moller // *British Journal of Surgery.*-2013.- vol.100.- no.8.- pp.1045–1049.
12. Surapaneni S. The perforation-operation time interval; an important mortality indicator in peptic ulcer perforation / S. Surapaneni and A.V. Reddy // *Journal of Clinical and Diagnostic Research.* - 2013.-vol.7.- no.5.- pp.880–882.
13. Thorsen K. Scoring systems for outcome prediction in patients with perforated peptic ulcer / K. Thorsen, J.A. Soreide, and K. Soreide // *Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine.*-2013. -vol.21.- no.1.- p. 25-28.
14. Tarasconi, A. Perforated and bleeding peptic ulcer: WSES guidelines / Tarasconi, A., Coccolini, F., Biffi, W.L. et al. // *World J Emerg Surg.* - 2020.- 15.- 3-6. DOI: 10.1186/s13017-019-0283-9
15. Guadagni S. Laparoscopic repair of perforated peptic ulcer: single-center results / S. Guadagni, I. Cengeli, C. Galatioto et al. // *Surgical Endoscopy.*-2014. - vol.28/- no.8/- pp. 2302–2308.
16. Zimmermann M. Conversion of laparoscopic surgery for perforated peptic ulcer: a single-center study / M. Zimmermann, M. Hoffmann, T. Laubert et al. // *Surgery Today.*-2015. - vol.45. - no.11.- pp.1421–1428.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2021.113.11.069>**ДИНАМИКА ОКАЗАНИЯ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ
НА ПРИМЕРЕ АСТРАХАНСКОГО РЕГИОНА**

Научная статья

Набережная И.Б.*

ORCID: 0000-0003-1354-1175,

Астраханский государственный медицинский университет, Астрахань, Россия

* Корреспондирующий автор (innanab1975[at]gmail.com)

Аннотация

Целью настоящего исследования явился анализ объемов и структуры оказания высокотехнологичной медицинской помощи жителям Астраханской области. Исследование проводилось посредством сплошного метода и включало 44162 случая. Период наблюдения охватывал 10 лет, с 2010 по 2019 гг. Использовались абсолютные, относительные и средние величины, а также применялись методы построения динамических рядов и осуществлялся их анализ. Для характеристики сезонных колебаний были рассчитаны индексы сезонности. Проведенное исследование позволило выявить, что из года в год происходит снижение численности населения Астраханской области, имеющее устойчивую тенденцию. Произошло увеличение объемов оказания высокотехнологичной медицинской помощи в 2,1 раза. Отрицательным моментом остается слабая доступность в пределах региона (66,4%) и особенно для лиц, проживающих в сельской местности (30,3%). На уровне региона из 21 профиля, оказывается только 17. Что касается основных профилей, предоставляемых жителям, то абсолютное большинство приходится на сердечно-сосудистую хирургию - 44,8%, травматологию и ортопедию - 12,5%, онкологию - 11,7% и офтальмологию - 8,6%. Эти четыре профиля в сумме составляют более ¾ от всех оказанных случаев ВМП. Следует отметить, что увеличение объемов относительно существующей потребности остается недостаточным, но очень востребованным.

Ключевые слова: высокотехнологичная медицинская помощь, случаи, регион, медицинские учреждения, доступность.

DYNAMICS OF PROVIDING HIGH-TECH MEDICAL CARE IN ASTRAKHAN OBLAST

Research article

Naberezhnaya I.B.*

ORCID: 0000-0003-1354-1175,

Astrakhan State Medical University, Astrakhan, Russia

* Corresponding author (innanab1975[at]gmail.com)

Abstract

The purpose of this study was to analyze the volume and structure of the provision of high-tech medical care to residents of Astrakhan oblast. The study was conducted using a continuous method and included 44,162 cases in total. The observation period covered 10 years, from 2010 to 2019. The study used absolute, relative, and average values along with methods of constructing time series and their analysis. Seasonality indices were calculated to characterize seasonal fluctuations. The research determined that from year to year there is a steady trend of decreasing population in Astrakhan Oblast. There was an increase in the volume of high-tech medical care by 2.1 times. Poor accessibility within the region (66.4%), especially for people living in rural areas (30.3%) remains a persistent negative aspect. At the regional level, out of 21 profiles, there are only 17. As for the main profiles provided to residents, the absolute majority falls on cardiovascular surgery - 44.8%, traumatology and orthopedics - 12.5%, oncology - 11.7% and ophthalmology - 8.6%. Together these four profiles account for more than three-quarters of all rendered cases of high-tech medical care. It should be noted that the increase in volumes relative to the existing demand remains insufficient but very much in demand.

Keywords: high-tech medical care, cases, region, medical institutions, accessibility.

Введение

Одной из серьезных проблем в области здравоохранения является рост потребности и стоимости медицинского обслуживания. Это обусловлено старением населения, повышением уровня заболеваемости и инвалидности, появлением новых дорогостоящих методов лечения и соответственно оборудования. Поэтому важнейшей задачей здравоохранения нашей страны является обеспечение права граждан на качественно доступную высококвалифицированную медицинскую помощь, независимо от их социального положения и территориального местонахождения [6].

В настоящее время понятие высокотехнологичной медицинской помощи (далее ВМП) стало более уточненным по содержанию. Этот вид помощи в значительной степени расширяет возможности повышения эффективности здравоохранения, поэтому данному направлению уделяется все большее внимание со стороны государства.

Наблюдения за изменением численности населения Российской Федерации в целом и по регионам в отдельности свидетельствуют о негативной демографической ситуации, сложившейся в последние десятилетия в России. Данные официальной государственной статистики указывают на то, что численность населения в России, в том числе и в Астраханской области (АО), имеет достаточно стабильную тенденцию к снижению, как в настоящее время, так и в перспективе [9].

Все масштабнее становятся задачи поддержания здоровья граждан в хорошем состоянии, и более раннего выявления заболеваний с целью предотвращения их инвалидизации. Поэтому важнейшим компонентом системы

охраны здоровья населения, является обеспечение доступности и качества высокотехнологичных видов медицинской помощи, особенно по месту жительства [10].

Целью настоящего исследования явился анализ объемов и структуры оказанной высокотехнологичной медицинской помощи лицам, проживающим в Астраханской области.

Материалы и принципы исследования

В исследовании использованы данные Росстата о численности населения Астраханской области. Учреждениями в регионе, которые оказывают высокотехнологичную медицинскую помощь, являются 2 федеральных медицинских учреждения и 6 государственных лечебных учреждений. Общее число учреждений, оказывающих ВМП в Астраханской области, в динамике начиная с 2010 года, значительно выросло. В рассматриваемый временной период отмечен рост числа учреждений от двух в 2010 году до восьми в 2019 году. Таким образом, в 4 раза увеличилось количество медицинских организаций, предоставляющих услуги в области высокотехнологичной медицинской помощи.

Источниками информации для комплексной оценки оказания ВМП в регионе послужила выкопировка релевантной информации из базы данных подсистемы мониторинга реализации государственного задания по оказанию высокотехнологичной медицинской помощи Информационно-аналитической системы Минздрава России с занесением ее в персональный компьютер и созданием собственной базы исследования. Исследование осуществлялось сплошным методом, период наблюдения включал 2010-2019 гг. В настоящее исследование было включено 44162 случая оказания ВМП жителям АО.

Для характеристики сезонных колебаний были рассчитаны индексы сезонности. Средний уровень изучаемого явления определялся на основании вычисления взвешенной средней арифметической. В настоящей работе широко использовались абсолютные и относительные величины (интенсивные и экстенсивные показатели). В работе применялись методы построения динамических рядов и осуществлялся их анализ: расчет абсолютного прироста/убыли, темпа прироста/убыли, темпа роста/снижения, абсолютного значения 1% прироста/убыли. В качестве статистических сводов для анализа использовались электронные таблицы программы Microsoft Excel (Microsoft, США).

Результаты и обсуждения

Численность населения Астраханской области за исследуемый период уменьшилась на 3992 человека, а по сравнению с 2015 г. на 7222 человека (см. таблицу 1). Снижение численности трудоспособного населения на 75143 человека или на 11,9% вызывает чрезвычайное беспокойство.

Таблица 1 – Динамика численности населения Астраханской области

Год	Численность населения	Численность детского населения	Численность трудоспособного населения	Численность населения старше трудоспособного возраста
2010	1010073	183 646	631653	194774
2011	1009801	176733	620146	212922
2012	1014972	180150	617554	217268
2013	1013840	185209	606780	221851
2014	1016516	190439	599431	226646
2015	1021287	196400	593336	231551
2016	1018626	201710	580223	236693
2017	1018866	205758	571778	241330
2018	1017514	207448	564144	245922
2019	1014065	207703	556510	249852

Увеличение числа выполненной ВМП происходит недостаточно интенсивно. Так в Астраханской области в 2019 г. было выполнено ВМП по отношению к 2010 г. всего 2,1 раза больше. При этом значительно выше обеспечено данным видом помощи население старше трудоспособного возраста (см. таблицу 2).

Таблица 2 – Обеспеченность населения Астраханской области высокотехнологичной медицинской помощью

Год	Общее количество ВМП	Обеспеченность населения АО ВМП ‰	Количество ВМП оказанное трудоспособному населению	Обеспеченность трудоспособного населения ВМП ‰	Количество ВМП оказанное старше трудоспособному населению	Обеспеченность старше трудоспособного населения ВМП ‰
2010	2817	27,9	1278	20,2	1148	58,9
2011	2410	23,9	1035	16,7	962	45,2
2012	3645	35,9	1479	23,9	1639	75,4
2013	3890	38,4	1455	24,0	1839	82,9
2014	4230	41,6	1446	24,1	1957	86,3
2015	4252	41,6	1315	22,2	2033	87,8

Окончание таблицы 2 – Обеспеченность населения Астраханской области
высокотехнологичной медицинской помощью

Год	Общее количество ВМП	Обеспеченность населения АО ВМП ‰	Количество ВМП оказанное трудоспособному населению	Обеспеченность трудоспособного населения ВМП ‰	Количество ВМП оказанное старшему трудоспособному населению	Обеспеченность старшего трудоспособного населения ВМП ‰
2016	5689	55,8	1714	29,5	2840	120,0
2017	5766	56,6	1808	31,6	2859	118,5
2018	5521	54,3	1659	29,4	2814	114,4
2019	5942	58,6	1765	31,7	3180	127,3

Произведенный анализ динамического ряда оказания высокотехнологичной медицинской помощи жителям АО показал отсутствие тенденции к постоянному увеличению. Так наибольший абсолютный прирост отмечался в 2016 и 2012 гг. составивший - 1437 и 1235 случаев. Темп роста в данные годы составлял 133,8% и 151,2% соответственно. Минимальный абсолютный прирост был отмечен в 2015 и 2017 гг. (22 и 77 случаев соответственно). Следует отметить, что все же год от года возрастает абсолютное значение 1% прироста. Так, если в 2012 г. он равнялся 24,1 случая, то в 2018 г. он составил уже 57,7 случая. Такое увеличение оказания ВМП населению Астраханской области остается недостаточным относительно существующей потребности (см. таблицу 3).

Таблица 3 – Анализ динамического ряда выполненной ВМП жителям Астраханской области

Год	Количество случаев	Абсолютный прирост (убыль)	Темп прироста (убыли) %	Темп роста (снижения) %	Абсолютное значение 1% прироста (убыли)
2010	2817	-	-	-	-
2011	2410	-407	85,6	-14,4	28,2
2012	3645	1235	151,2	51,2	24,1
2013	3890	245	106,7	6,7	36,5
2014	4230	340	108,7	8,7	38,9
2015	4252	22	100,5	0,5	42,3
2016	5689	1437	133,8	33,8	42,5
2017	5766	77	101,4	1,4	56,9
2018	5521	-245	95,8	-4,2	57,7
2019	5942	421	107,6	7,6	55,2

Из всех случаев оказания ВМП 66,4% было проведено в медицинских организациях города Астрахани, а остальные за пределами изучаемого региона. Основными городами, куда направлялись пациенты, явились: г. Москва – 18,6%, г. Саратов - 8,2%, г. Санкт-Петербург – 3,6% и еще эпизодически 57 городов Российской Федерации. Это в первую очередь связано с тем, что столицы отличаются уровнем развития высоких технологий, куда направляются граждане за получением уникальных и нигде более не выполняемых видов ВМП. Город Саратов изначально являлся ближайшим местом, куда отправлялись жители Астраханской области для оказания им ВМП, по профилям травматология и ортопедия, офтальмология. Причем, максимальный процент осуществления ВМП на уровне региона, фиксируется в 2010 г. (71,9%), когда к ее оказанию были привлечены дополнительно к функционирующему федеральному центру сердечно-сосудистой хирургии еще и государственные учреждения. Это позволило приблизить данный вид помощи к населению Астраханской области [2].

Анализ случаев оказания ВМП показал, что состав по возрастно-половому признаку был несколько неоднородным. Нами приводится суммарный показатель за анализируемый период по всем медицинским организациям, оказавшим ВМП. Соотношение мужчин и женщин было практически равным, с незначительным преобладанием лиц мужского пола, составивших 52,7%. Возрастная же структура выглядела следующим образом: максимум пришелся на возраст 60-69 лет и составил 27,8%, далее в порядке убывания 50-59 лет и 0-19 (20,6% и 18,7% соответственно). Еще 15,5% пришлось на 70 лет и старше, а остальные 17,4% на возраст с 20 до 49 лет.

Одной из основных целей оказания ВМП является ее доступность для всех жителей региона, включая отдаленные районы области. Поэтому большое значение в ее доступности имеет место проживания. В общей структуре лиц, получивших ВМП за исследуемый период, доля жителей сельских районов в среднем составила 30,3%. Следует отметить, что год от года количество жителей сельской местности, получивших ВМП, остается на одном и том же уровне. Это свидетельствует о том, что этот вид помощи менее доступен для жителей отдаленных районов, что связано с затруднениями, вызванными отдаленностью места проживания.

Количество профилей ВМП, оказанных жителям, проживающим в АО, равнялось 21, из них 17 выполнялись на уровне региона [4], [5]. Что касается основных профилей ВМП, то абсолютное большинство приходится на сердечно-сосудистую хирургию - 44,8%, травматологию и ортопедию - 12,5%, онкологию - 11,7% и офтальмологию - 8,6%. Эти четыре профиля в сумме составляют более ¾ от всех оказанных случаев ВМП. Если рассматривать структуру оказанной ВМП на уровне региона, то основная масса (65,5%) приходится на сердечно-сосудистую хирургию и 12,3% на онкологию, что связано с наличием на территории Астраханской области Федерального центра сердечно-

сосудистой хирургии и областного онкологического диспансера. А вот чаще выезжают из региона за получением ВМП по таким профилям, как травматология и ортопедия, офтальмология (24,5% и 22,3% соответственно).

При оказании высокотехнологичной медицинской помощи преимущественно ожидают благоприятных исходов, так при рассмотрении их структуры абсолютное большинство, пришлось на улучшение – 83,8%, затем на выздоровление – 11,8%. Еще 3,5% исходов заняло «без перемен» и лишь 0,1% - ухудшение. Летальный исход составил 0,8%, при этом в 58,0% случаев он пришелся на сердечно-сосудистую хирургию, 13,0% на неонатологию и 10,6% онкологию. Это связано со значительными сложностями в осуществлении таких видов помощи.

Нами также были проанализированы некоторые данные о сезонности оказания высокотехнологичной медицинской помощи, путем расчета индексов сезонности. Это позволило определить, что минимальные индексы сезонности были отмечены в январе (43,5%) и декабре месяце (81,2%). Максимальный индекс отмечался в июне (126,8%), а наибольшие суммарные индексы характерны для октября (114,5%), апреля (113,7%), сентября (111,7%) и июля (111,2%) (см. рисунок 1).

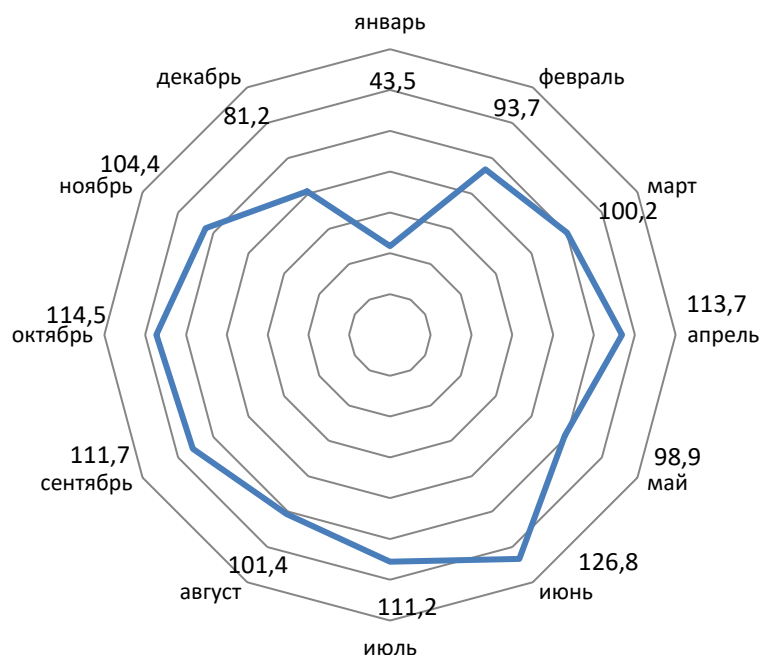


Рис. 1 – Индексы сезонности оказания высокотехнологичной медицинской помощи

Проведенный нами анализ показал большой разброс дней пребывания в стационаре при оказании ВМП. Данный диапазон варьировал от 0 до 262 дней. В структуре длительности пребывания наибольший удельный вес приходится на период от 2 до 14 дней с максимальным процентом, пришедшимся на 2 дня – 7,7%. В среднем длительность пребывания составила $11,8 \pm 0,1$ дня. Пребывание свыше 100 дней заняло всего лишь 0,2%.

Заключение

Таким образом, проведенный анализ оказания высокотехнологичной медицинской помощи населению, проживающему в Астраханской области, свидетельствует о том, что объем ее растет из года в год, но темпы прироста недостаточно высоки. Из всех случаев оказания ВМП 66,4% было проведено в медицинских организациях города Астрахани, по 17 профилям, а остальные за пределами нашего региона. Доля жителей сельских районов в среднем составила 30,3%. Ведущими профилями были: сердечно-сосудистая хирургия - 44,8%, травматология и ортопедия - 12,5%, онкология - 11,7% и офтальмология - 8,6%. На эти четыре профиля в сумме приходится более $\frac{3}{4}$ от всей выполненной ВМП. Аналогичная структура отмечена рядом авторов и в городе Москва [3].

Остаются нерешенными такие проблемы как повышение доступности ее для жителей сельской местности, а также расширение количества профилей для осуществления ВМП в пределах региона. Это в первую очередь будет способствовать приближению данного вида помощи к населению региона и сократит необходимость выезда за его пределы [8].

Для успешного проведения структурных преобразований, конечно же, следует учитывать региональный опыт предоставления ВМП по ее основным профилям, а также учреждениям ее оказывающим [1]. С целью повышения эффективности предоставления и совершенствования оказания данного вида медицинской помощи актуальной является необходимость постоянного мониторинга и анализа предоставления ВМП населению региона [7].

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы /References

1. Абраменко Л.В. Теоретические аспекты государственного регулирования высокотехнологичной медицинской помощи / Л.В. Абраменко, В.Н. Карташев, В.Б. Колядо и др. // Сибирский медицинский журнал. – 2016. – № 3. – С. 33-36.

2. Богачевская С.А. Трехлетний вклад функционирования федеральных центров сердечно-сосудистой хирургии в развитие высокотехнологичной медицинской помощи пациентам с сердечно-сосудистыми заболеваниями в России / С.А. Богачевская, А.Н. Богачевский, В.Ю. Бондарь // Электронный научный журнал «Социальные аспекты здоровья населения». – 2016. – № 47(1).

3. Кудряшова Л.В. Анализ динамики объемов и структуры высокотехнологичной медицинской помощи в города Москвы / Л.В. Кудряшова, В.С. Олейникова // Бюллетень Национального научно-исследовательского института общественного здоровья имени Н.А. Семашко. – 2018. – № 5. – С.16-21.

4. Набережная И.Б. Оказание высокотехнологичной медицинской помощи на региональном уровне / И.Б. Набережная, Д.А. Захаров, Ж.Б. Набережная // Электронный научно-образовательный вестник Здоровье и образование в XXI веке. – 2017. – №19(12). – С.212-213.

5. Набережная И.Б. Региональный опыт предоставления высокотехнологичной медицинской помощи / И.Б. Набережная, Д.А. Захаров, Ж.Б. Набережная // Велес. – 2018. – С.15-20.

6. Перхов В.И. Актуальные проблемы организации высокотехнологичной медицинской помощи / В.И. Перхов, Ю.Ю. Юркин, С.Г. Горин // Здравоохранение. – 2015. – №11. – С. 26-33.

7. Рыбальченко И.Е. Государственные задания по оказанию высокотехнологичной медицинской помощи, ведомственные и региональные аспекты / И.Е. Рыбальченко // Менеджер здравоохранения. – 2013. – № 2. – С. 36-42.

8. Улумбекова Г.Э. О доступности высокотехнологичной медицинской помощи в России / Г.Э. Улумбекова // Заместитель главного врача. – 2015. – №3(106). – С. 6-15.

9. Управление Федеральной службы государственной статистики по Астраханской области и республике Калмыкия. Официальная статистика. Доступен по: <https://astrastat.gks.ru/folder/41523> (дата обращения 12.10.2021).

10. Федеральный закон Российской Федерации № 323-ФЗ от 21 ноября 2011 г. «Об основах охраны здоровья граждан Российской Федерации».

Список литературы на английском языке / References in English

1. Abramenko L.V. Teoreticheskie aspekty gosudarstvennogo regulirovaniya vysokotekhnologichnoj medicinskoj pomoshhi [Theoretical aspects of state regulation of high-tech medical care] / L.V. Abramenko, V.N. Kartashev, V.B. Koljado et al. // Sibirskij medicinskij zhurnal [Siberian Medical Journal]. – 2016. – № 3. – P. 33-36. [in Russian]

2. Bogachevskaja S.A. Trehletnij vklad funkcionirovaniya federal'nyh centrov serdechno-sosudistoj hirurgii v razvitie vysokotekhnologichnoj medicinskoj pomoshhi pacientam s serdechno-sosudistymi zabolevanijami v Rossii [Three-year contribution of the functioning of federal centers of cardiovascular surgery to the development of high-tech medical care for patients with cardiovascular diseases in Russia] / S.A. Bogachevskaja, A.N. Bogachevskij, V.Ju. Bondar' // Jelektronnyj nauchnyj zhurnal «Social'nye aspekty zdorov'ja naselenija» [Electronic scientific journal "Social aspects of public health"]. – 2016. – № 47(1). [in Russian]

3. Kudrjashova L.V. Analiz dinamiki obemov i struktury vysokotekhnologichnoj medicinskoj pomoshhi v goroda Moskvy [Analysis of the dynamics of volumes and structure of high-tech medical care in the cities of Moscow] / L.V. Kudrjashova, V.S. Olejnikova // Bjulleten' Nacional'nogo nauchno-issledovatel'skogo institute obshhestvennogo zdorov'ja imeni N.A. Semashko [Bulletin of the National Research Institute of Public Health named after N. A. Semashko]. – 2018. – № 5. – P.16-21. [in Russian]

4. Naberezhnaya I.B. Okazanie vysokotekhnologichnoj medicinskoj pomoshhi na regional'nom urovne [Analysis of providing of high-tech medical care on the basis of the regional hospitals] / I.B. Naberezhnaya, D.A. Zakharov, J.B. Naberezhnaya // Jelektronnyj nauchno-obrazovatel'nyj vestnik «Zdorov'e i obrazovanie v XXI veke» [Electronic scientific and educational bulletin "Health and education in the XXI century"]. – 2017. – №19(12). – P.212-213. [in Russian]

5. Naberezhnaya I.B. Regional'nyj opyt predostavlenija vysokotekhnologichnoj medicinskoj pomoshhi [Regional experience of granting of high tech medical care] / I.B. Naberezhnaya, D.A. Zakharov, J.B. Naberezhnaya // Veles [Veles]. – 2018. – P.15-20. [in Russian]

6. Perhov V.I. Aktual'nye problem organizacii vysokotekhnologichnoj medicinskoj pomoshhi [Actual problems of the organization of high-tech medical care] / V.I. Perhov, Ju.Ju. Jurkin, S.G. Gorin // Zdravoohranenie [Healthcare]. – 2015. – №11. – P. 26-33. [in Russian]

7. Rybal'chenko I.E. Gosudarstvennye zadaniya po okazaniyu vysokotekhnologichnoj medicinskoj pomoshhi, vedomstvennye i regional'nye aspekty [State tasks for the provision of high-tech medical care, departmental and regional aspects] / I.E. Rybal'chenko // Menedzher zdravoohranenija [Health care manager]. – 2013. – № 2. – P. 36-42. [in Russian]

8. Ulumbekova G.Je. O dostupnosti vysokotekhnologichnoj medicinskoj pomoshhi v Rossii [On the availability of high-tech medical care in Russia] / G.Je. Ulumbekova // Zamestitel' glavnogo vracha [Deputy Chief Physician]. – 2015. – №3(106). – P. 6-15. [in Russian]

9. Upravlenie Federal'noj sluzhby gosudarstvennoj statistiki po Astrahanskoj oblasti i respublike Kalmykija. Oficial'naja statistika [Office of the Federal State Statistics Service for the Astrakhan Region and the Republic of Kalmykia. Official statistics]. Available at: <https://astrastat.gks.ru/folder/41523> (accessed 12.10.2021). [in Russian]

10. Federal'nyj zakon Rossijskoj Federacii № 323-FZ ot 21 nojabrja 2011 g. «Ob osnovah ohrany zdorov'ja grazhdan Rossijskoj Federacii» [Federal Law of the Russian Federation No. 323-FL of November 21, 2011 "On the basics of health protection of citizens of the Russian Federation"]. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2021.113.11.070>**ПОКАЗАТЕЛЬ КОНЦЕНТРАЦИИ ЛАКТАТДЕГИДРОГЕНАЗЫ
В ПРОГНОЗИРОВАНИИ ТЕЧЕНИЯ ОСТРОГО ХОЛЕЦИСТИТА**

Научная статья

Яшнов А.А.^{1,*}, Лобанов С.Л.², Коновалова О.Г.³, Бурцева М.А.⁴, Ханина Ю.С.⁵¹ ORCID: 0000-0001-6881-4455;² ORCID: 0000-0003-1665-3754;³ ORCID: 0000-0002-5601-9558;⁴ ORCID: 0000-0003-0497-5086;⁵ ORCID: 0000-0003-0392-288X;^{1, 2, 3, 5} Читинская государственная медицинская академия, Чита, Россия;⁴ Городская клиническая больница г. Читы, Чита, Россия

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

Аннотация

Цель исследования - изучить изменение концентрации лактатдегидрогеназы при остром деструктивном холецистите. Методы - нами проведено одномоментное исследование 105 пациентов, которым произведена лапароскопическая холецистэктомия по поводу острого холецистита с различными клинко-морфологическими вариантами течения (катаральный, флегмонозный, гангренозный). Каждый клинко-морфологический вариант служил основой для формирования группы исследования. Сформированные группы пациентов были сопоставимы по возрасту, полу и сопутствующей патологии. Всем пациентам при поступлении в стационар проводилось определение активности лактатдегидрогеназы (ЛДГ) стандартным кинетическим колориметрическим методом. Статистическая обработка полученных результатов проводилась с помощью программы SPSS Statistics 7.0 с соблюдением принципов статистического анализа, принятых для исследований в биологии и медицине. Результаты – у пациентов с острым холециститом средний показатель содержания ЛДГ в сыворотке крови составил $306 \pm 27,9$ ЕД/л, что достоверно превышало среднее популяционное значение верхней границы нормы 250 ЕД/л ($p < 0,05$). Средний уровень ЛДГ при флегмонозном калькулезном холецистите составил $294,3 \pm 25,8$ ЕД/л, что достоверно выше, чем при катаральном – $282,6 \pm 18,3$ ЕД/л ($p < 0,05$), а при гангренозном – $342,9 \pm 32,9$ ЕД/л, что достоверно больше, чем при флегмонозном $294,3 \pm 25,8$ ЕД/л ($p < 0,05$). Таким образом выявлена прямая корреляционная связь между увеличением значений концентрации ЛДГ и степенью деструктивного процесса в стенке желчного пузыря (r^1 между группой с острым катаральным холециститом и группой клинического сравнения = 0,87; r^2 между группой с острым флегмонозным холециститом и группой клинического сравнения = 0,087; r^3 между группой с острым гангренозным холециститом и группой клинического сравнения = 0,132; r^4 между группой с острым катаральным холециститом и группой с острым флегмонозным холециститом = 0,999; r^5 между группой с острым катаральным холециститом и группой с острым гангренозным холециститом = 0,306; r^6 между группой с острым флегмонозным холециститом и группой с острым гангренозным холециститом = 0,312). Заключение – полученные данные могут быть использованы для прогнозирования течения острого калькулезного холецистита и определения тактики лечения. Рекомендации - определение концентрации лактатдегидрогеназы в периферической крови пациента в момент госпитализации необходимо включить в алгоритм дооперационного обследования, с целью прогнозирования тяжести течения острого холецистита и определения тактики лечения.

Ключевые слова: прогнозирование; острый холецистит; деструктивный холецистит; желчнокаменная болезнь; лактатдегидрогеназа.

LACTATE DEHYDROGENASE CONCENTRATION INDEX IN PREDICTING THE COURSE OF ACUTE CHOLECYSTITIS

Research article

Yashnov A.A.^{1,*}, Lobanov S.L.², Konovalova O.G.³, Burtseva M.A.⁴, Khanina Yu.S.⁵¹ ORCID: 0000-0001-6881-4455;² ORCID: 0000-0003-1665-3754;³ ORCID: 0000-0002-5601-9558;⁴ ORCID: 0000-0003-0497-5086;⁵ ORCID: 0000-0003-0392-288X;^{1, 2, 3, 5} Chita State Academy of Medicine, Chita, Russia;⁴ Chita City Clinical Hospital (GUZ Gorodskaya klinicheskaya bolnitsa goroda Chity), Chita, Russia

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

Abstract

The aim of the study was to study the change in the concentration of lactate dehydrogenase in acute cholecystitis. Methods. The authors conduct a simultaneous study of 105 patients who underwent laparoscopic cholecystectomy for acute cholecystitis with various clinical and morphological variants of the course (catarrhal, phlegmonous, gangrenous). Each clinical and morphological variant served as the basis for the formation of the study group. The formed groups of patients were comparable in age, gender and concomitant pathology. Lactate dehydrogenase activity was determined by the standard kinetic colorimetric method for all patients upon admission to the hospital. Statistical processing of the obtained results was carried out using the SPSS Statistics 7.0 program in compliance with the principles of statistical analysis adopted for research in biology and medicine. RESULTS. In patients with acute cholecystitis, the average lactate dehydrogenase content in blood serum amounted to 306 ± 27.9 units/l, which significantly exceeded the average population value of the upper limit of the norm of 250 units/l ($p < 0.05$). The average lactate dehydrogenase level in phlegmonous calculous cholecystitis was 294.3 ± 25.8 units/l, which is significantly higher than in catarrhal (282.6 ± 18.3 units/l ($p < 0.05$), and in gangrenous (342.9 ± 32.9 units/l), which is significantly higher than in phlegmonous 294.3 ± 25.8 units/l ($p < 0.05$). Thus a direct correlation between increased concentrations of lactate dehydrogenase and the degree of the destructive process in the wall of the gallbladder (r^1 between the group with acute catarrhal cholecystitis and clinical comparison groups = 0,87; r^2 between the group with acute phlegmonous cholecystitis and clinical comparison groups = 0,087; r^3 between the group with acute gangrenous cholecystitis and clinical comparison groups = 0,132; r^4 between the group with acute catarrhal cholecystitis and the group with acute phlegmonous cholecystitis = 0,999; r^5 between the group with acute catarrhal cholecystitis and the group with acute gangrenous cholecystitis = 0,306; r^6 between the group with acute phlegmonous cholecystitis and the group with acute gangrenous cholecystitis = 0,312). CONCLUSION. The data obtained can be used to predict the course of acute calculous cholecystitis and determine treatment measures. RECOMMENDATIONS. Determination of lactate dehydrogenase concentration in the peripheral blood of a patient at the time of hospitalization should be included in the algorithm of preoperative examination in order to predict the severity of acute cholecystitis and determine treatment tactics.

Keywords: prognosis; acute cholecystitis; destructive cholecystitis; cholelithiasis; lactate dehydrogenase.

В последнее время в медицине активно используются новые методы математической оценки течения патологического процесса. На основании полученных критериев можно своевременно выбрать необходимую лечебную тактику, что может позитивно влиять на исходы заболевания [1], [2].

Острый холецистит остается тяжелым и до конца не изученным заболеванием неотложной абдоминальной хирургии. Начиная с середины прошлого века количество больных, страдающих желчнокаменной болезнью, возрастает в 1,5-2 раза каждые 10 лет и достигает в среднем 10-12% от общего числа взрослого населения [3], [4], [5]. Вместе с тем, послеоперационная летальность при остром калькулёзном холецистите достигает 4-6% в молодом возрасте и 10-26% в старшей возрастной группе [5], [6], [7]. Отмечается неуклонный рост больных, страдающих острым холециститом в возрасте старше 60 лет. По данным ряда учёных пик заболеваемости острым холециститом приходится на 50-70 лет [8], [9]. Согласно демографическим исследованиям, доля людей старше 60 лет за последнее столетие возросла с 4 до 15% [8], [9], [10]. Количество деструктивных форм острого холецистита у данного контингента достигает 40,5-92,8% от общего числа заболевших острым холециститом в данном возрасте [9], [10], [11], [12].

Высокая летальность и отсутствие критериев, которые позволяют своевременно предсказать тяжесть течения острого деструктивного холецистита определяют актуальность поиска новых методов прогноза развития деструктивных процессов в стенке желчного пузыря.

Цель исследования - изучить изменение концентрации лактатдегидрогеназы при различных морфологических формах острого холецистита.

Материалы и методы

Нами проведено одномоментное исследование 105 пациентов с различными клиническими вариантами (острый катаральный холецистит (n=35); острый флегмонозный холецистит (n=35); острый гангренозный холецистит (n=35) острого калькулёзного холецистита, сопоставимые по возрасту, полу и сопутствующей патологии (Таб. 1).

Таблица 1 – Распределение больных в зависимости от возраста и пола

Подгруппы пациентов	Численность											
	До 30 лет				От 30 до 50 лет				Старше 50			
	М		Ж		М		Ж		М		Ж	
	чел.	%	чел.	%	чел.	%	чел.	%	чел.	%	чел.	%
Острый катаральный холецистит (n=35)	3	8,6	5	14,3	4	11,4	16	45,7	1	2,9	6	17,1
Острый флегмонозный холецистит (n=35)	2	5,7	7	20	5	14,3	14	40	3	8,6	4	11,4
Острый гангренозный холецистит (n=35)	4	11,4	3	8,6	7	20	13	37,1	1	2,9	7	20
Хронический калькулёзный холецистит (группа клинического сравнения) (n=35)	2	5,7	4	11,4	4	11,4	17	48,6	3	8,6	5	14,3
Всего (n=140)	11	7,9	19	13,5	20	14,3	60	42,9	8	5,7	23	15,7

Всем больным при поступлении в стационар с подозрением на острый холецистит проводилось определение активности ферментов аутолиза в сыворотке крови кинетическим колориметрическим методом с помощью набора реактивов фирмы-Витал: лактатдегидрогеназы (ЛДГ) стандартным кинетическим колориметрическим методом с помощью наборов реактивов: Лактатдегидрогеназа – Витал [13].

Статистическая обработка полученных результатов проводилась с помощью программы SPSS Statistics 7.0 с соблюдением принципов статистического анализа, принятых для исследований в биологии и медицине. Результаты приведены в среднем значении со средней квадратичной ошибкой ($M \pm m$). Для исследования взаимосвязей между изучаемыми параметрами проводили парный корреляционный анализ по Пирсону. Распределение степеней свободы оценивалось критерием хи-квадрат для оценки качественных данных в трех и более независимых группах. При сравнении средних значений количественного признака в трех и более независимых группах, при нормальном распределении данных во всех группах проводился однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA). Критерий Фридмана использовался для сравнения трех и более связанных выборок, данные в которых не подчиняются закону нормального распределения. Для парного сравнения независимых выборок использовался критерий Манна – Уитни [14].

Результаты исследования

У пациентов группы сравнения концентрация ЛДГ составила $292 \pm 29,7$ Ед/л, что не превышает среднее значение нормы. Вместе с тем у пациентов с острым калькулёзным холециститом показатель ЛДГ составил $306 \pm 27,9$ Ед/л ($p < 0,05$), что превышает значения нормы в 1,02 раза, а группу сравнения в 1,04 раз (Таб. 1).

При исследовании биохимического анализа крови на ЛДГ получены следующие концентрации данного фермента (таб. 2).

Таблица 2 – Концентрация ЛДГ в группе исследования и группе клинического сравнения

Изменения концентрации ЛДГ (Ед/л)	(ОКХ) n=105	Контроль (ХКХ) n=35
Среднее значение концентрации	306*	292
Среднеквадратичное отклонение	27,9	21,6

Примечание: * $p < 0,05$ критерий хи-квадрат в группе ОКХ и группе клинического сравнения

Наряду с этим показатель концентрации ЛДГ у пациентов с острым катаральным холециститом составил $282,6 \pm 18,3$ Ед/л, что не превышает концентрацию в группе клинического сравнения и показатель нормы. Наряду с этим, установлено, что у пациентов с острым флегмонозным холециститом концентрация ЛДГ составила $294,3 \pm 25,8$ Ед/л, что несколько выше, чем при катаральном холецистите. При этом у больных с гангренозным холециститом концентрация ЛДГ составила $342,1 \pm 32,9$ ($p < 0,05$), что превышает значения во всех группах в 1,2 раза, а показатель нормы в 1,4 раза (Рис. 1). Наряду с этим, в отдельных случаях показатель концентрации ЛДГ в группе пациентов с острым гангренозным холециститом достигал 600 Ед/л.

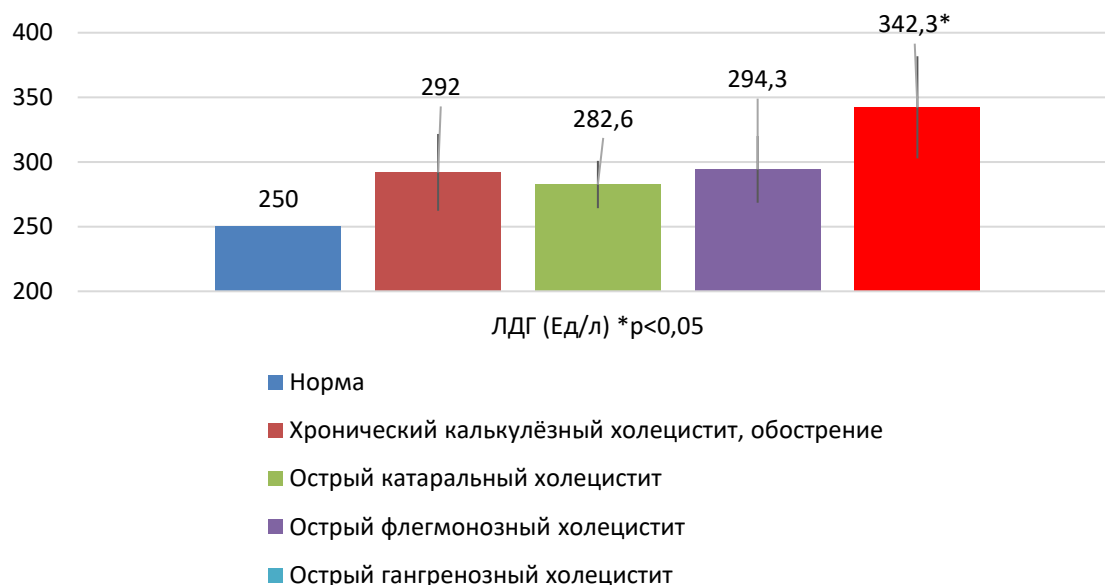


Рис. 1 – Распределение значения ЛДГ у пациентов с различными вариантами клинического течения острого калькулёзного холецистита

Заключение

Как следует из полученных данных у пациентов с деструктивным холециститом (флегмонозном, гангренозном) средняя концентрация ЛДГ составила $318,3 \pm 29,4$ Ед/л ($p < 0,05$), а при не деструктивном (катаральном) холецистите – $282,6 \pm 18,3$ Ед/л. При анализе литературы нет данных, которые показывают изменение концентрации ЛДГ в зависимости от степени деструкции в стенке желчного пузыря.

Лактатдегидрогеназа это фермент, который повышается при деструкции миоцитов. И когда в деструктивный процесс вовлекается мышечный слой стенки желчного пузыря, то концентрация ЛДГ начинает возрастать в прямой пропорциональной связи со степенью деструктивного процесса в стенке. На основании полученных нами данных, можно сделать предположение о прогностической значимости лактатдегидрогеназы как предиктора деструктивных процессов в стенке желчного пузыря. Определение концентрации ЛДГ в сочетании с другими основными ферментами аутолиза позволит с высокой специфичностью и чувствительностью прогнозировать риск развития острого деструктивного холецистита на ранних этапах заболевания и вносить коррективы в лечебную тактику.

Рекомендация

Определение концентрации лактатдегидрогеназы в периферической крови пациента в момент госпитализации необходимо включить в алгоритм дооперационного обследования, с целью прогнозирования тяжести течения острого холецистита и определения тактики лечения.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

- Агапчев А.В. Методы прогнозирования в клинической медицине / А.В. Агапчев // Интеллектуальные технологии и средства реабилитации людей с ограниченными возможностями. II Всероссийская конференция. – 2018. – С. 105-106.
- Зикриярова Н.Т. Искусственный интеллект-перспективное направление медицины: математические методы распознавания образов применительно к задачам диагностики, прогнозирования и классификации в области хирургии / Н.Т. Зикриярова, С.Т. Мулат, З.К. Закиров // Global Science and Innovations: General Asia. – 2021. – Т.2. – №12-12. – С. 42-47.
- Луцевич О.Э. Острый холецистит: возможности лапароскопической хирургии / О.Э. Луцевич // Анналы хирургической гепатологии. – 2020. – Т.25. – №3. – С.63-70.
- Ревিশвили А.Ш. Хирургическая помощь в Российской Федерации / А.Ш. Ревিশвили, В.Е. Оловянный, В.П. Сажин. – 2020. – С.132.
- Давлатов С.С. Эффективность миниинвазивных методов хирургического лечения больных с острым деструктивным холециститом / С.С. Давлатов // Academy. – 2017. – №7. – С. 92-94.
- Давлатов С.С. Результаты лечения больных с желчеистечением после холецистэктомии / С.С. Давлатов, П.А. Аскараров // Молодой организатор здравоохранения: сб. науч. ст. студентов. – 2013. – С. 68.
- Рахманов К.Е. The treatment of patients with major bile duct injuries / К.Е. Рахманов // Академический журнал Западной Сибири. – 2013. – Т.9. – №1. – С.33-34.
- Давлатов С.С. Plasmapheresis in the treatment of cholemic endotoxemia / С.С. Давлатов // Академический журнал Западной Сибири. – 2013. – Т.9. – №1. – С.30-31.
- Анарбаев С.А., Шамсиева Ж.С. Острый холецистит у больных пожилого и старческого возраста / С.А. Анарбаев, Ж.С. Шамсиева // Научный журнал. – 2018. – Т.7. – №30. – С.45-50.

10. Mori Y. Tokyo Guidelines 2018: management strategies for gallbladder drainage in patients with acute cholecystitis (with videos) / Y. Mori // Journal of HepatoBiliary-Pancreatic Sciences. – 2018. – Vol. 25. - № 1. – P. 87-95.
11. Slankamenac K. The Comprehensive Complication Index A Novel Continuous Scale to Measure Surgical Morbidity / K. Slankamenac // Ann Surg. – 2013. – P. 258.
12. Gutt C. N. Acute cholecystitis: early versus delayed cholecystectomy, a multicenter randomized trial (ACDC study, NCT00447304) / C. N. Gutt // Annals of surgery. - 2013. - Vol. 258. - № 3. – P.385-93.
13. Долгов В. В. Клиническая лабораторная диагностика: национальное руководство: в 2 т. / В. В. Долгов, В. В. Меньшиков. – М.:2013. – 805 с.
14. Мудров В.А. Алгоритмы статистического анализа количественных признаков в биомедицинских исследованиях с помощью пакета программ SPSS / В.А. Мудров // Забайкальский медицинский вестник. – 2020. - №1. – С.140-150

Список литературы на английском языке / References in English

1. Agapchev A.V. Metody prognozirovaniya v klinicheskoy medicine [Prediction methods of clinical medicine] / A.V. Agapchev // V sbornike Intelktual'nye tekhnologii i sredstva reabilitatsii lyudej s ogranichennymi vozmozhnostjami. II Vserossijskaja konferenciya. [Intelligent technologies and means of rehabilitation of people with disabilities. II All-Russia conference] – 2018. - pp. 105-106. [in Russian]
2. Zikriyarova N.T. Iskusstvennyj intellekt-perspektivnoe napravlenie mediciny: matematicheskie metody raspoznavaniya obrazov primenitel'no k zadacham diagnostiki, prognozirovaniya i klassifikatsii v oblasti khirurgii [Artificial Intelligence as a promising branch of medicine: mathematical methods of recognition regarding the aims of diagnosis, predictions and categorizing in the field of surgery] / N.T. Zikriyarova, S.T. Mulat, Z.K. Zakirov // Global Science and Innovations: General Asia. – 2021. - Vol 2. - №12-12. - pp. 42-47. [in Russian]
3. Lucevich O.Eh. Ostryj kholecistit: vozmozhnosti laparoskopicheskoy khirurgii [Acute cholecystitis: the capacity of laparoscopic surgery] / O. Eh. Lucevich // Annaly khirurgicheskoy gepatologii. [Annals of HPB Surgery] – 2020. - Vol.25. - №3. - pp. 63-70. [in Russian]
4. Revishvili A.Sh. Khirurgicheskaya pomoshh' v Rossijskoy Federatsii. [Surgical care in the Russian Federation] / A.Sh. Revishvili, V.E. Olovjannyj, V.P. Sazhin. – 2020. - p.132. [in Russian]
5. Davlatov S.S. Ehffektivnost' miniinvazivnykh metodov khirurgicheskogo lecheniya bol'nykh s ostrym destruktivnym kholecistitom [The effectiveness of minimally invasive methods of surgical treatment of the patients suffering from acute destructive cholecystitis] / S.S. Davlatov // Academy. – 2017.- №7. - P. 92-94. [in Russian]
6. Davlatov S.S. Rezul'taty lecheniya bol'nykh s zhelcheistecheniem posle kholecistektomii [Treatment outcome of the patients facing bile leakage after cholecystectomy] / S.S. Davlatov, P.A. Askarov // Molodoj organizator zdravookhraneniya: sb. nauch. st. studentov. [Young health professional: a collection of student studies]– 2013. – p. 68. [in Russian]
7. Rakhmanov K.E. The treatment of patients with major bile duct injuries / K.E. Rakhmanov // Akademicheskij zhurnal Zapadnoj Sibiri [Academic Journal of West Siberia]. – 2013. –Vol. 9. -№1. –pp. 33-34. [in Russian]
8. Davlatov S.S. Plasmopheresis in the treatment of cholemic endotoxemia / S.S. Davlatov // Akademicheskij zhurnal Zapadnoj Sibiri. [Academic Journal of West Siberia] – 2013. -Vol. 9.- №1.- pp.30-31. [in Russian]
9. Anarbaev S.A. Ostryj kholecistit u bol'nykh pozhilogo i starcheskogo vozrasta [Acute cholecystitis of the patients of elderly and senile age] / S.A. Anarbaev, Zh.S. Shamsieva // Nauchnyj zhurnal. [Scientific magazine] – 2018. –Vol. 7. №30.- pp. 45-50. [in Russian]
10. Mori Y. Tokyo Guidelines 2018: management strategies for gallbladder drainage in patients with acute cholecystitis (with videos) / Y. Mori // Journal of HepatoBiliary-Pancreatic Sciences. – 2018. – Vol. 25. - № 1. – P. 87-95.
11. Slankamenac K. The Comprehensive Complication Index A Novel Continuous Scale to Measure Surgical Morbidity / K. Slankamenac // Ann Surg. – 2013. – P. 258.
12. Gutt C. N. Acute cholecystitis: early versus delayed cholecystectomy, a multicenter randomized trial (ACDC study, NCT00447304) / C. N. Gutt // Annals of surgery. - 2013. - Vol. 258. - № 3. – P.385-93.
13. Dolgov V.V. Men'shikov V.V. Klinicheskaja laboratornaja diagnostika: nacional'noe rukovodstvo: [Clinical laboratory medicine: the domestic guide: in 2 volumes] / V.V. Dolgov, V.V. Men'shikov. // – М.:2013. – 805p. [in Russian]
14. Mudrov V.A. Algoritmy statisticheskogo analiza kolichestvennykh priznakov v biomeditsinskikh issledovaniyakh s pomoshh'ju paketa programm SPSS [Algorithm of statistical learning analysis of quantitative attribute in biomechanical studies with SPSS software package] / V.A. Mudrov // Zabajkalskij medicinskij vestnik [The transbaikal medical bulletin] – 2020. - №1. – pp. 140-150. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2021.113.11.071>**ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ЭКСТРАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В РАСТИТЕЛЬНОМ СЫРЬЕ ЛЮБИСТОКА ЛЕКАРСТВЕННОГО, ПРОИЗРАСТАЮЩЕГО В АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ**

Научная статья

Кубасова Е.Д.^{1,*}, Корельская Г.В.², Суханов А.Е.³, Крылов И.А.⁴, Кубасов Р.В.⁵¹ ORCID: 0000-0001-9683-7814;² ORCID: 0000-0003-4236-1966;³ ORCID: 0000-0002-6214-307X;⁴ ORCID: 0000-0003-3042-4229;⁵ ORCID: 0000-0003-1698-6479;¹⁻⁵ Северный государственный медицинский университет, Архангельск, Россия

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

Аннотация

Актуальность: Любисток лекарственный (*Levisticum officinale*) содержит многочисленные биологически активные субстанции (экстрактивные вещества), которые можно выделить с помощью гидрофильных растворителей. Они обладают широким спектром фармакологического действия. Химический состав *Levisticum officinale* зависит от территории произрастания. Цель исследования – индикация и количественное определение экстрактивных веществ в любистоке лекарственном, произрастающем в Архангельской области, для возможного определения сырья этого растения в качестве источника лекарственного. Материалы и методы: с помощью различных методов химического анализа (титриметрический, спектрофотометрический) определено наличие и количественное содержание экстрактивных веществ в сырье Любистoka лекарственного, произраставшего на территории Архангельской области. Результаты исследования: определены экстрактивные вещества в экстрагентах различными методами экстракции; при использовании метода однократной экстракции максимальное извлечение экстрактивных веществ в сырье любистoka лекарственного определено при экстрагировании водой очищенной (24,46%) и 40% этиловым спиртом (21,45%); при использовании метода многократной экстракции произошло увеличение количества извлекаемых биологически активных веществ более, чем в 2 раза, по сравнению с методом однократной экстракции (52,47 и 48,24%, соответственно). Выводы: 1. Оптимальным растворителем для извлечения биологически активных веществ с максимальным их выходом являются вода очищенная и спирт этиловый 40% в то время, как минимальное количество экстрагируемых веществ возможно при использовании этанола высоких концентраций. Для наиболее полного извлечения биологически активных веществ следует проводить многократное экстрагирование; 2. максимальное количество выделенных экстрактивных веществ, а, следовательно, и действующих веществ из сырья любистoka лекарственного оказалось возможным с помощью метода многократной экстракции.

Ключевые слова: любисток лекарственный, экстрактивные вещества.

DETERMINING THE CONTENT OF EXTRACTIVE SUBSTANCES IN THE PLANT RAW MATERIALS OF THE MEDICINAL PLANT GROWING IN ARKHANGELSK OBLAST

Research article

Kubasova E.D.^{1,*}, Korelskaya G.V.², Sukhanov A.E.³, Krylov I.A.⁴, Kubasov R.V.⁵¹ ORCID: 0000-0001-9683-7814;² ORCID: 0000-0003-4236-1966;³ ORCID: 0000-0002-6214-307X;⁴ ORCID: 0000-0003-3042-4229;⁵ ORCID: 0000-0003-1698-6479;¹⁻⁵ Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia

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

Abstract

Relevance: lovage (*Levisticum officinale*) contains numerous biologically active substances (extractive substances) that can be isolated using hydrophilic solvents. They have a wide range of pharmacological effects. The chemical composition of *Levisticum officinale* depends on the habitat. The purpose of the study is the detection and quantitative determination of extractive substances in this plant for the possible identification of its raw materials as medicinal. Materials and methods: with the help of various methods of chemical analysis (titrimetric, spectrophotometric), the study identifies the presence and quantitative content of extractive substances in the raw materials of the medicinal plant growing on the territory of Arkhangelsk Oblast. Results: extractive substances in extractants were determined by various extraction methods; when using the single extraction method, the maximum extraction of extractive substances in the raw material of the plant was determined by extraction with purified water (24.46%) and 40% ethyl alcohol (21.45%); when using the multiple extraction method, there was an increase in the amount of biologically active substances extracted by more than 2 times compared to the single extraction method (52.47 and 48.24%, respectively). Conclusions: 1. The optimal solvent for the extraction of biologically active substances with their maximum yield is purified water and ethyl alcohol 40%, while the minimum amount of extracted substances is possible with the use of ethanol of high concentrations. For the most complete extraction of biologically active substances, repeated extraction should be carried out; 2. the maximum amount of extracted extractive substances, and, consequently, active substances from the raw materials of the medicinal plant, was possible using the method of multiple extraction.

Keywords: lovage, extractive substances.

Любисток лекарственный (*Levisticum officinale*) относится к растениям, введенным в Номенклатуру однокомпонентных (простых) гомеопатических лекарственных средств, разрешенных к медицинскому применению на территории РФ [1]. Корни любистoka включены в Европейскую и Британскую травяную фармакопеи [2]. Все части этого растения содержат многочисленные биологически активные вещества (БАВ) различных классов, извлекаемые гидрофильными растворителями. Такие экстрагированные субстанции носят общее название – экстрактивные вещества. Наибольшее их количество выделяют из корневищ и плодов растения [3]. Экстрактивные вещества обладают широким диапазоном и эффективностью лечебного действия на организм [4], [5]. Наиболее изученными среди них являются фитохимические соединения – терпеноиды, флавоноиды, эфирные масла, фталиды, полиацетилены, кумарины, фенилпропаноиды, алкалоиды, дубильные вещества, фенольные кислоты, полиацетилены [6]. Помимо них в Любистоке лекарственном определен довольно обширный спектр эфирных масел. Он представлен, в основном, монотерпеновыми углеводородами, сексвитерпенами и фталидами [7]. Отмечено, что химический состав *Levisticum officinale* зависит от многочисленных факторов, среди которых одним из ведущих является территория его произрастания [8], [9].

На основании проведенного обзора, целью нашей работы явилось – индикация и определение количественного состава экстрактивных веществ в Любистоке лекарственном, произрастающем в Архангельской области, для возможного определения сырья этого растения в качестве лекарственного.

Материалы и методы

Объектом исследования послужило воздушно-сухое сырьё Любистока лекарственного, собранного в 2020 году на территории Верхне-Тоемского района Архангельской области. Для исследования использовали корни растения. Сбор, сушку проводили в соответствии с инструкцией по сбору и сушке лекарственного растительного сырья [10]. Хранение сырья осуществляли согласно правилам, рекомендованным общей фармакопейной статьёй ОФС.1.1.0011.15 [11].

Высушенные корни измельчали, а затем просеивали через лабораторные сита С 30/50 (ГОСТ 3826-82, Россия). Взвешивание навесок реактивов, необходимых для изготовления растворов процентной концентрации и для проведения качественных реакций, проводили на электронных весах ВК-300.1 («Масса-К») с дискретностью измерения 0,01 г. Взвешивание точных навесок сырья и реагентов для приготовления титрованных растворов осуществляли на аналитических весах ACCULAB ALC-210D4 с дискретностью 0,0001 г. Титрованные растворы готовили из фиксаналов и точных навесок. При приготовлении последних растворов проверяли коэффициент поправки, которые изложены в требованиях Государственной Фармакопеи XIV издания. Растворы точных концентраций (молярной, нормальной) готовили в мерных колбах (класс точности 2) объемом 500, 1000 мл.

При проведении титриметрического анализа использовали стеклянную градуированную пипетку объемом на 5,0 мл (класс точности 2). Отмеривание жидкостей осуществляли цилиндрами мерными из стекла (класс точности 2) объемом 50, 100 и 250 мл. Для анализа использовали конические колбы на 100 мл, 250 мл, 500 мл, 1000 мл (ГОСТ 25336-82), мерные колбы на 100 мл и 50 мл (ГОСТ 1770-74). Фильтрацию исследуемых растворов и экстрактов осуществляли через бумажные фильтры «белая лента» и «синяя лента» (ТУ 2642-001-13927158-2003, Россия).

При определении экстрактивных веществ использовали воду очищенную, спирт этиловый различной концентрации: 40%, 70%, 95 %. Чашки фарфоровые №2 объемом 50 мл (ГОСТ 9147-80), используемые для определения экстрактивных веществ, доводили до постоянной массы путем высушивания в лабораторном электрическом круглом сушильном шкафу. Для анализа использовали также колбы конические со шлифом объемом на 100 мл и 250 мл (ГОСТ 25336-82) и пипетки Мора стеклянные на 50, 25 и 10 мл (ГОСТ 29169-91). Спектрофотометрические исследования проводили на спектрофотометре Hitachi U 5100 UV/VIS (Япония) с использованием кювет из кварца 10×10 мм, объемом 3,5 мл с оптимальным пропускающим диапазоном 190-2500 нм.

Реактивы и растворители, используемые в исследовании, отвечали нормативной документации [11]. Наличие БАВ определяли соответствующими химическими реакциями [12].

Идентификацию БАВ (качественная реакция) определяли методами однократной и многократной экстракции [11].

Количественное содержание сухого остатка проводили в шестикратном повторении в одной навеске для каждого исследуемого растворителя. Этот показатель важен для оценки качества сырья, используемого для получения различных экстракционных лекарственных форм - настоев, настоек, отваров, экстрактов и других.

Статистическую обработку результатов исследования проводили в соответствии с общей фармакопейной статьей ОФС 1.1.0013.15 «Статистическая обработка результатов химического эксперимента» [8]. Рассчитывали среднее арифметическое значение \pm стандартное отклонение ($M \pm SD$). Для метрологических характеристик использованы: среднее значение выборки (\bar{x}), 95% доверительный интервал (95% ДИ), граничные значения доверительного интервала ($\Delta \bar{x}$), среднюю квадратичную ошибку среднего арифметического значения ($S\bar{x}$), относительную ошибку опыта ($\epsilon, \%$) и относительную ошибку среднего ($\bar{\epsilon}, \%$).

Результаты исследования и обсуждение

Нами проведено исследование по определению экстрагента, максимально извлекающего комплекс БАВ из корней любистока лекарственного. Для этого использовали спирт этиловый различной концентрации (95%, 70%, 40%) и воду очищенную (табл. 1).

Таблица 1 – Экстрактивные вещества в корнях любистока лекарственного методом однократной экстракции

Растворитель		Результат определения (M±SD)				
Вода очищенная		24,46±0,23				
Спирт этиловый 40%		21,45±0,25				
Спирт этиловый 70%		19,83±0,12				
Спирт этиловый 95%		16,10±0,098				
Метрологические характеристики методики определения						
Растворитель	\bar{x}	95% ДИ	$S\bar{x}$	$\Delta\bar{x}$	$\epsilon, \%$	$\bar{\epsilon}, \%$
Вода очищенная	24,46	24,28-24,64	0,09	0,19	1,90	0,8
Спирт этиловый 40%	21,45	21,32-21,70	0,10	0,21	2,40	0,99
Спирт этиловый 70%	19,83	19,77-19,95	0,05	0,12	1,50	0,6
Спирт этиловый 95%	16,10	16,05-16,20	0,04	0,19	1,22	0,5

Согласно проведенному анализу, наибольшее количественное содержание экстрактивных веществ обнаружено при использовании в качестве экстрагента спирта этилового с концентрацией 40% (21,45%) и воды очищенной (24,46%), что указывает на максимальное извлечение экстрактивных веществ указанными растворителями. Минимальный выход экстрактивных веществ получен при извлечении 95% спиртом этиловым и составляет 16,1% и соответствует извлечению из корней любистока лекарственного жирорастворимых компонентов. К таким веществам можно отнести, каротиноиды, жирорастворимые витамины К, Е, F, стероиды, фитол и эфирные масла. С понижением доли спирта этилового в составе растворителя содержание водорастворимых компонентов увеличивается. Из водорастворимых веществ, входящих в состав корней любистока, можно отметить фенольные соединения, углеводы, водорастворимые витамины, например, аскорбиновая кислота.

Ошибка методики определения не превышала 5% уровня, что свидетельствует о приемлемости результатов исследования по методике определения.

Проведение многократной экстракции позволило значительно увеличить из растительного сырья экстрагирование веществ, обладающих биологически активными свойствами. Для этого использовали спирт этиловый концентрацией 40% и очищенную воду, при экстрагировании которыми наблюдали максимальный выход БАВ из сырья любистока лекарственного, по сравнению с таковым при однократной экстракции (табл. 2). Тенденция изменения выхода экстрактивных веществ не поменялась, но количество сухого остатка увеличилось в 2,2 раза для воды очищенной и в 2,3 раза для спирта этилового. Ошибка среднего результата определения вновь не превышала 5 % уровня (результаты исследования по методике определения – приемлемые).

Таблица 2 – Экстрактивные вещества в корнях любистока лекарственного методом многократной экстракции

Растворитель		Результат определения (M±SD)				
Вода очищенная		52,47±3,37				
Спирт этиловый 40%		48,24±0,88				
Метрологические характеристики методики определения						
Растворитель	\bar{x}	95% ДИ	$S\bar{x}$	$\Delta\bar{x}$	$\epsilon, \%$	$\bar{\epsilon}, \%$
Вода очищенная	52,47	51,89-54,15	0,75	1,5	7	2,87
Спирт этиловый 40%	48,24	47,91-49,07	0,36	0,7	3,7	1,5

Таким образом, при проведении настоящего исследования получены следующие результаты. При определении экстрактивных веществ в корнях и корневищах любистока максимальное их извлечение отмечалось при проведении многократной экстракции в случае использования в качестве экстрагента воды очищенной (52,47%) и спирта этилового 40% (48,24%). При использовании метода однократной экстракции выход экстрактивных веществ был в 2 раза ниже, по сравнению с выходом БАВ при многократной экстракции.

Полученный результат исследования является важной частью фармакогностического изучения растения, произрастающего в исследуемом регионе. Дальнейшее изучение экстрактивных веществ, фитохимического состава и фармакологического действия на организм позволит отнести любисток лекарственный к группе лекарственных растений, что в последствии позволит использовать его для создания большего количества фитопрепаратов на основе его экстрактов.

Выводы

1. В ходе проведенного исследования по извлечению экстрактивных веществ различными методами экстракции определено, что максимальное извлечение экстрактивных веществ в сырье любистока лекарственного при экстрагировании водой очищенной составило 52,47% и спиртом этиловым 40%–48,24% методом однократной экстракции. Методом многократной экстракции количество извлекаемых БАВ увеличивалось в 2 раза, по сравнению с методом однократной экстракции, что позволяет выделить максимальное количество экстрактивных веществ, а, следовательно, и действующих веществ из сырья любистока лекарственного.

2. Оптимальным растворителем для извлечения БАВ с максимальным их выходом являются вода очищенная и спирт этиловый 40%. Для наиболее полного извлечения БАВ следует проводить многократное экстрагирование.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Пастушенков Л.В. Лекарственные растения. Использование в народной медицине и в быту / Л.В. Пастушенков, А.Л. Пастушенков, В.Л. Пастушенков. СПб.: БХВ -Петербург, 2012. 432 с.
2. Novák, I. Effect of harvesting time and plant age on some quality parameters of lovage (*Levisticum officinale* Koch.) / I. Novák // *Acta Hort.* 2002. – Vol. 576. – P. 311-314.
3. Donkor, P.O. Locally and traditionally used *Ligusticum* species - A review of their phytochemistry, pharmacology and pharmacokinetics / P.O. Donkor, Y. Chen, L. Ding et al. // *J Ethnopharmacol.* – 2016. – Vol. 194. – P. 530-548.
4. Bylaite, E. Dynamic deadspace-gas chromatography-olfactometry analysis of different anatomical parts of lovage (*Levisticum officinale* Koch.) at eight growing stages. / E. Bylaite, J.P. Roozen, A. Legger et al. // *J Agric Food Chem.* – 2000. – Vol. 48(12). – P. 6183-90.
5. Ciocarlan, A. Chemical composition and antimicrobial activity of the *Levisticum officinale* W.D.J. Koch essential oil / A. Ciocarlan, I. Dragalin, A. Aricu et al. // *Chemistry journal of Moldova. General, Industrial and Ecological Chemistry.* – 2018. – Vol. 13(2). – P. 63-68.
6. León, A. (1)H and DOSY NMR spectroscopy analysis of *Ligusticum porteri* rhizome extracts / A. León, M.I. Chávez // *Magn Res Chem* – 2011. – Vol. 49(8). – P. 469-76.
7. Sprea, R.M. Chemical and bioactive characterization of the aromatic plant *Levisticum officinale* W.D.J. Koch: a comprehensive study / R.M. Sprea et al. // *Food Funct.* – 2020. – Vol. 11(2). – P.1292-1303.
8. Валентинов, Б.Г. Сырье традиционной китайской медицины. *Rhizoma chuanxiong* корневище любистока Сычуаньского / Б.Г. Валентинов, Э.М. Наумова, М.М. Олейникова // *Вестник новых медицинских технологий.* – 2005. – №3-4. – С. 97-100.
9. Assessment report on *Levisticum officinale* Koch, radix. – 2012 EMA/HMPC/524623/2011 Committee on Herbal Medicinal Products (HMPC)
10. Правила сбора и сушки лекарственных растений: сборник инструкций / отв. ред. А. И. Шретер и др. - М.: Медицина, 1985. – 328 с.
11. Государственная Фармакопея РФ. Том 1 / Министерство здравоохранения РФ –14-е изд. – Москва, 2018. – 1814 с.
12. Гринкевич, Н.И. Химический анализ лекарственных растений: Учебное пособие для фармацевтических вузов / Н.И. Гринкевич, Л.Н. Сафронич, М.Я. Ладыгина и др.: М: Высшая школа, 1983. - 176 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Pastushenkov L.V. *Lekarstvennye rastenija. Ispol'zovanie v narodnoj medicine i v bytu* [Medicinal plants. Use in folk medicine and in everyday life] / L.V. Pastushenkov, A.L. Pastushenkov, V.L. Pastushenkov. St. Petersburg: BHV -Petersburg, 2012. 432 p.
2. Novák, I. Effect of harvesting time and plant age on some quality parameters of lovage (*Levisticum officinale* Koch.) / I. Novák // *Acta Hort.* 2002. – Vol. 576. – P. 311-314.
3. Donkor, P.O. Locally and traditionally used *Ligusticum* species - A review of their phytochemistry, pharmacology and pharmacokinetics / P.O. Donkor, Y. Chen, L. Ding et al. // *J Ethnopharmacol.* – 2016. – Vol. 194. – P. 530-548.
4. Bylaite, E. Dynamic deadspace-gas chromatography-olfactometry analysis of different anatomical parts of lovage (*Levisticum officinale* Koch.) at eight growing stages. / E. Bylaite, J.P. Roozen, A. Legger et al. // *J Agric Food Chem.* – 2000. – Vol. 48(12). – P. 6183-90.
5. Ciocarlan, A. Chemical composition and antimicrobial activity of the *Levisticum officinale* W.D.J. Koch essential oil / A. Ciocarlan, I. Dragalin, A. Aricu et al. // *Chemistry journal of Moldova. General, Industrial and Ecological Chemistry.* – 2018. – Vol. 13(2). – P. 63-68.

6. León, A. (1)H and DOSY NMR spectroscopy analysis of Ligusticum porteri rhizome extracts / A. León, M.I. Chávez // Magn Res Chem – 2011. – Vol. 49(8). – P. 469-76.
7. Sprea, R.M. Chemical and bioactive characterization of the aromatic plant Levisticum officinale W.D.J. Koch: a comprehensive study / R.M. Sprea et al. // Food Funct. – 2020. – Vol. 11(2). – P.1292-1303.
8. Valentinov, B.G. Syr'e tradicionnoj kitajskoj mediciny. Rhizoma chuanxiong kornevishhe ljubistoka Sychuan'skogo [Raw materials of traditional Chinese medicine. Rhizoma chuanxiong rhizome of Sichuan lovage] / B.G. Valentinov, E.M. Naumova, M.M. Oleinikova // Vestnik novyh medicinskih tehnologij [Bulletin of New Medical Technologies]. - 2005. - No.3-4. - pp. 97-100.
9. Assessment report on Levisticum officinale Koch, radix. - 2012 EMA/HMPC/524623/2011 Committee on Herbal Medicinal Products (HMPC)
10. Pravila sbora i sushki lekarstvennyh rastenij: sbornik instrukcij [Rules for collecting and drying medicinal plants: a collection of instructions] / ed. by A. I. Schroeter et al. - M.: Medicine, 1985. - 328 p.
11. Gosudarstvennaja Farmakopeja RF [The State Pharmacopoeia of the Russian Federation]. Volume 1 / Ministry of Health of the Russian Federation -14th ed. - Moscow, 2018– - 1814 p.
12. Grinkevich, N.I. Himicheskij analiz lekarstvennyh rastenij: Uchebnoe posobie dlja farmacevticheskikh vuzov [Chemical analysis of medicinal plants: A textbook for pharmaceutical universities] / N.I. Grinkevich, L.N. Safronich, M.Ya. Ladygina et al.: Moscow: Higher School, 1983. - 176 p.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2021.113.11.072>

ФАРМАКОЛОГИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ЛЮБИСТОКА ЛЕКАРСТВЕННОГО

Научная статья

Кубасова Е.Д.^{1,*}, Корельская Г.В.², Черных И.В.³, Крылов И.А.⁴, Кубасов Р.В.⁵¹ ORCID: 0000-0001-9683-7814;² ORCID: 0000-0003-4236-1966;³ ORCID: 0000-0002-5618-7607;⁴ ORCID: 0000-0003-3042-4229;⁵ ORCID: 0000-0003-1698-6479;^{1,2,4,5} Северный государственный медицинский университет, Архангельск, Россия;³ Рязанский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова, Рязань, Россия

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

Аннотация

Среди растений семейства сельдерейных (Apiaceae), которые применяются в народной медицине, одним из перспективных является Любисток лекарственный (*Levisticum officinale* W.D.J. Koch), поскольку он содержит в своем составе различные фитохимические соединения. Биологически активные вещества определены в различных частях любистока. Их фармакологические свойства обусловили включение лекарственного сырья в ряд Европейских Фармакопей. Фталиды в эфирных маслах любистока представлены в наибольшем количестве. Они, имеют антибактериальный, противогрибковый, противовоспалительный, цитопротекторный и антиоксидантный эффект. Кроме того, характеризуются гастро- гепато- и нейропротекторными свойствами. Флавоноиды обладают цитотоксическим действием в отношении онкологических клеток; также изучено их нейропротекторное и антитромботическое действие; положительно эффект на репродуктивную систему. Известен антиноцицептивный и антигипертензивный эффекты хлорогеновых кислот любистока лекарственного. Полиацетилены обладают антиагрегационным действием в отношении тромбоцитов; также они могут подавлять рост опухолевых клеток. Наконец, алкалоиды, извлеченные из растительного сырья любистока (тетраметилпиразин и его производные), обладают антитромбоцитарным, противовоспалительным и нейропротекторным эффектами. Таким образом, широкий спектр фармакологического действия биоактивных соединений любистока лекарственного делает его перспективным к использованию в фармацевтической индустрии.

Ключевые слова: лекарственное растение, Любисток лекарственный, биологически активные вещества, фармакологические свойства.

PHARMACOLOGICAL EFFECT OF BIOLOGICALLY ACTIVE COMPOUNDS OF THE *LEVISTICUM OFFICINALE* W.D.J. KOCH

Research article

Kubasova E.D.^{1,*}, Korelskaya G.V.², Chernykh I.V.³, Krylov I.A.⁴, Kubasov R.V.⁵¹ ORCID: 0000-0001-9683-7814;² ORCID: 0000-0003-4236-1966;³ ORCID: 0000-0002-5618-7607;⁴ ORCID: 0000-0003-3042-4229;⁵ ORCID: 0000-0003-1698-6479;^{1, 2, 4, 5} Northern State Medical University, Archangelsk, Russia;³ Ryazan State Medical University named after academician I.P. Pavlov, Ryazan, Russia

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

Abstract

Among the plants of the celery family (apiaceae), which are used in folk medicine, one of the most promising is the *Levisticum officinale* W.D.J. Koch, due to it contains various phytochemical compounds in its composition. The biologically active substances were detected in various parts of *Levisticum officinale* W.D.J. Koch. Their pharmacological properties have led to the adding of medicinal raw materials in a number of European Pharmacopoeias. Phthalides in the essential oils of *Levisticum officinale* W.D.J. Koch are represented in the maximum quantity. They have antibacterial, antifungal, anti-inflammatory, cytoprotective and antioxidant effects. In addition, they are characterized by gastro-hepatoprotective and neuroprotective properties. Flavonoids have cytotoxic effects against cancer cells; their neuroprotective and antithrombotic effects have also been studied; a positive effect on the reproductive system. Antinociceptive and antihypertensive effects of chlorogenic acids of the *Levisticum officinale* W.D.J. Koch are known. Polyacetylenes have an antiaggregational effect of platelets; they can also inhibit the growth of tumor cells. Finally, alkaloids extracted from the plant raw materials of *Levisticum officinale* W.D.J. Koch (tetramethylpyrazine and its derivatives) have antiplatelet, anti-inflammatory and neuroprotective effects. Thus, a wide range of pharmacological action of bioactive compounds of the *Levisticum officinale* W.D.J. Koch makes it promising for use in the pharmaceutical industry.

Keywords: medicinal plant, *Levisticum officinale* W.D.J. Koch, biologically active compounds, pharmacological effect.

Levisticum officinale W.D.J. Koch is a perennial cold-resistant herbaceous plant of the Umbelliferae or Apiaceae family [1], [2]. Its natural habitat is Iran and Afghanistan, it is widely distributed in the Mediterranean, in mountainous areas of Southern Europe and North America. It grows everywhere in Ukraine, industrial plantations of *Levisticum officinale* W.D.J.

Koch, as a medicinal plant, are available in the Poltava region. The plant is cultivated in many European countries (Germany, Hungary, the Czech Republic, Poland, etc.), including Russia [3].

Due to the pharmacological properties of biologically active substances contained in various parts of *Levisticum officinale* W.D.J. Koch, this plant is increasingly used in medical practice, and as a medicinal raw material is included in a number of European Pharmacopoeias [4].

Phthalides, as one of the main groups of natural compounds contained in *Levisticum officinale* W.D.J. Koch essential oils, demonstrates various biological activity, including antibacterial, antifungal, insecticidal, cytotoxic, anti-inflammatory effects [5]. Some monomeric phthalides are able to minimize certain neurological diseases, including stroke, Alzheimer's disease and Parkinson's disease [6]. In vivo and in vitro models have shown that dimeric phthalides can exhibit sedative and antispasmodic properties. Thus, ligustilide, as a representative of dimeric phthalide, has anti-inflammatory, antioxidant and anti-apoptotic effects. Experimentally on rats with diabetic nephropathy, it was found that ligustilide loosens podocyte damage and has a protective effect on kidney function [7]. At the same time, in an experimental model of stomach damage caused by ethanol in rats, it was proved that ligustilide at a dose of 10 mg/kg has gastroprotective activity. In parallel, the anti-ulcer activity of this compound depends on the participation of endogenous non-protein SH-groups and prostaglandins [8]. Z-ligustilide also demonstrates antitumor antithrombic effects and has a positive effect in neurological disorders [9].

In the work of R.M. Sprea et al. it is noted that the phenolic compounds contained in *Levisticum officinale* W.D.J. Koch have antioxidant properties. They also have bacteriostatic activity, especially against gram-positive bacteria. The use of *Levisticum officinale* W.D.J. Koch decoction containing phenolic compounds showed cytotoxicity against the hepatocellular carcinoma (HepG2) tumor cell line [10]. Water-alcohol extracts of *Levisticum officinale* W.D.J. Koch also showed antiproliferative and apoptotic activity in the cell lines of breast tumor cells, which is also possibly due to the presence of phenolic compounds in the extract [11]. It was investigated the effect of the water-alcohol extract of *Levisticum officinale* W.D.J. Koch on the synthesis of steroid hormones in vitro. As a result, it was revealed the presence of concentration-dependent changes in steroidogenesis, membrane integrity, cell viability and intercellular communication of Leydig cells. Smaller doses had a positive effect on cellular parameters, and higher doses (150-300 mcg/ml) stimulated toxic effects mediated by a decrease in membrane viability and inhibition of intercellular connection through gap junctions in Leydig cells. These effects are associated with the influence of phenolic and polyphenolic compounds contained in the extract of *Levisticum officinale* W.D.J. Koch, the dominant of which were cinaroside, kemferol, rutin, chlorogenic and neochlorogenic acids [12]. Similar results were obtained in the study of the effect of biologically active substances in the extract of *Levisticum officinale* W.D.J. Koch on the mobility of sperm bulls, where experimental data confirm the potential antioxidant effect of lower doses of the extract, and therefore a positive effect on reproductive function [13].

It is known that chlorogenic, caffeic and ferulic acids extracted from *Levisticum officinale* W.D.J. Koch have antioxidant properties, and a powerful antioxidant effect belongs to rosemary acid [14]. In animal studies, chlorogenic acid has been found to increase insulin sensitivity and improve glucose tolerance and lipid metabolism [15]. Ferulic acid has an antihypertensive effect, reduces the risk of type II diabetes, obesity, Alzheimer's disease, eclampsia and stroke. Rosemary acid has an anti-apoptotic and anti-inflammatory effect and may play an important role in antinociceptive properties [16].

Luteolin, as a representative of the flavonoid class, in addition to its antioxidant effect, has anti-inflammatory properties. Mentofuran contained in the stems of *Levisticum officinale* W.D.J. Koch is closely related to the antioxidant effect, which is due to the activity of radical trapping. Research by N. Ghaedi et al. was shown that the water-alcohol extract obtained from the stems of *Levisticum officinale* W.D.J. Koch and containing flavonoids - luteolin and quercetin, rosemary, caffeic and hexanoic acids have the greatest inhibitory ability of α -amylase and can lead to a pronounced anti-dyslipidemic effect [14]. Water-alcohol extracts from the roots of *Levisticum officinale* W.D.J. Koch have the ability to cause the killing of leukemic cells and inhibit the growth of prostate tumor cells in the PC3 and DU145 lines. It is assumed that this effect is associated with the presence of polyacetylenes in the extract - faltarinol and faltarindiol. There is evidence that extracts containing high concentrations of faltarinol have, as a rule, the greatest inhibitory effect on the growth of cancer cells compared with its group representative - faltarindiol [17].

Many researchers have noted that the bioactivity of faltarinol and faltarindiol extracted from *Levisticum officinale* W.D.J. Koch extends to antiplatelet aggregation, cytotoxic and anti-inflammatory, serotonergic, antimycobacterial activity [18].

In the work of S. Sertel et al. cytotoxicity of essential oil from the leaves of *Levisticum officinale* W.D.J. Koch is noted in relation to squamous cell carcinoma cells of the head and neck, in which the main fraction consists of monoterpenes, the most common of them was α -terpinyl acetate (48.15%). At the same time, no faltarinol was found in the composition of the essential oil. The authors did not find any supporting data in the literature regarding the anticancer activity of α -terpinyl acetate but suggest that it is this component of the essential oil that exhibits cytotoxic activity to UMSSC1 tumor cells [19].

Extracts obtained from the roots of *Levisticum officinale* W.D.J. Koch demonstrated activity against α -glucosidase, which can be used in the future in the treatment of diabetes, metastatic cancer and lysosomal accumulation disease. At the same time, this extract may have an antiviral effect against HIV and hepatitis [20]. The positive effect of *Levisticum officinale* W.D.J. Koch extract on the improvement of spatial learning and memory due to the neurotrophic, anti-inflammatory and antioxidant properties of its biologically active components has been experimentally revealed. This effect can be justified by the influence of natural flavonoids, including quercetin, which has a strong antioxidant effect and the ability to capture free radicals when exposed to oxidizing agents [21]. Research by A Khan et al. is being carried out is also confirmed that natural quercetin improves memory characteristics in animals, as a neuroprotector significantly alters synaptic loss in the cortex and hippocampus of the brain of adult mice caused by a powerful neuroinflammatory stimulator - lipopolysaccharide. It should be noted that quercetin can also have antitumor, antiapoptotic, antithrombic effects [22].

In addition to quercetin, chlorogenic acid contained in the rhizomes and roots of *Levisticum officinale* W.D.J. Koch can have a neuroprotective effect. Its potential neuroprotective effects are determined by suppressing the activity of acetylcholinesterase and inhibition of malondialdehyde in the hippocampus and frontal cortex of the brain [23].

Bioactivity of the tetramethylpyrazine alkaloid contained in the rhizomes of *Levisticum officinale* W.D.J. Koch is associated with a strong effect on calcium channels (improvement of microcirculation and counteraction to calcium), as well as antiplatelet, anti-inflammatory effects. One of the possible mechanisms of tetramethylpyrazine action on platelet adhesion is shown in a model of vascular endothelial cell damage, where after their damage by oxygen-glucose deprivation/reoxygenation. It is explained by indirect inhibition of the P38 MAPK and NF- κ B signaling pathways. As a natural alkaloid, it can have a therapeutic effect in liver fibrosis by stimulating autophagy to reduce inflammation by inhibiting the AKT-mTOR signaling pathway [24]. In an in vitro experimental work on a human-derived SH-SY5Y cell line after sevoflurane treatment, the effect of tetramethylpyrazine was determined, which demonstrated neuroprotective and axon growth-stimulating effects and improved cognitive deficits. The authors believe that the mechanism of attenuation of neurotoxicity is due to increased autophagy via the GPR50/CREB pathway in SH-SY5Y cells. In studies of the effect of tetramethylpyrazine on neurotoxicity in neurons on cells of the SH-SY5Y line caused by the bupivacaine compound, similar results were shown. The mechanism of action of tetramethylpyrazine in this case is explained by inhibition of apoptosis and induction of autophagy in SH-SY5Y cells. Such results allow tetramethylpyrazine to be attributed to potential agents for treatment [25].

There is evidence that tetramethylpyrazine relieves diabetic nephropathy, which is one of the most serious complications of diabetes. In an animal experiment with streptozotocin-nicotinamide-induced type 2 diabetes, the administration of tetramethylpyrazine in various doses improved the diabetic condition of rats (an increase in body weight and insulin and a decrease in fasting blood glucose and glycosylated hemoglobin levels). At the same time, a decrease in the level of bladder, serum creatinine, urinary protein and oxidative stress was observed, which indicates an improvement in diabetic nephropathy in rats with type 2 diabetes [26].

Conclusion

The pharmacological effect of plant raw materials *Levisticum officinale* W.D.J. Koch is due to the presence of biologically active substances of various structures and compositions in plants. Many of them have anti-inflammatory, antibacterial antifungal and antioxidant effects. *Levisticum officinale* W.D.J. Koch phthalides are also characterized by hepatoprotective properties; flavonoids have cytotoxic effects against tumor cells, neuroprotective and antithrombotic effects, in small concentrations they have a positive effect on the reproductive system. The properties of chlorogenic acids *Levisticum officinale* W.D.J. Koch include antinociceptive and antihypertensive effects. Polyacetylenes are capable of suppressing the growth of tumor cells, bioactive in relation to antiplatelet aggregation. The most significant alkaloid of plant raw materials *Levisticum officinale* W.D.J. Koch is tetramethylpyrazine, whose bioactivity is due to antiplatelet, anti-inflammatory and neuroprotective effects.

Due to the complex of bioactive compounds and individual components isolated from various parts of *Levisticum officinale* W.D.J. Koch with a wide spectrum of pharmacological action, the prospect of its use in medical and pharmaceutical practice can be indicated.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Bylaitė, E. Influence of Harvesting Time on the Composition of Volatile Components in Different Anatomical Parts of *Levisticum officinale* Koch. / E. Bylaitė, R. Venskutonis, J.P. Roozen // J Agricult and Food Chem. – 1998. – Vol. 46(9). – P. 3735-40.
2. Novák, I. Effect of harvesting time and plant age on some quality parameters of lovage (*Levisticum officinale* Koch.) / I. Novák et al. // Acta Hort. 2002. – Vol. 576. – P. 311-314.
3. Roslon, W. Effect of Plantation Establishment and Raw Material Stabilization on the Useful Traits of Lovage Leaves (*Levisticum officinale* Koch.) / W. Roslon, E. Osińska, A. Wajs-Bonikowska // Acta Scient Polonorum-hortorum Cultus. – 2013. – Vol. 12. – P. 141-55.
4. Assessment report on *Levisticum officinale* Koch, radix. – 2012 EMA/HMPC/524623/2011 Committee on Herbal Medicinal Products (HMPC)
5. Miran, M. Characterization and Antibacterial Activity of Phthalides from the Roots of the Medicinal Herb *Levisticum officinale* W.D.J. Koch. / M. Miran et al. // Iranian Journal of Pharmaceutical Research. – 2020. – Vol. 19 – P. 182-186.
6. León, A. Phthalides: Distribution in Nature, Chemical Reactivity, Synthesis, and Biological Activity / A. León, M. Del-Ángel, J.L. Ávila et al. // Prog Chem Org Nat Prod. – 2017. – Vol. 104. – P. 127-246.
7. Xu, F. Ligustilide alleviates podocyte injury via suppressing the SIRT1/NF- κ B signaling pathways in rats with diabetic nephropathy / F. Xu, Z. Ye, S. Tao et al. // Ann Transl. Med. – 2020. – Vol. 8(18). – P. 1154.
8. Velázquez-Moyado, J.A. Gastroprotective effect of diligustilide isolated from roots of *Ligusticum porteri* Coulter & Rose (Apiaceae) on ethanol-induced lesions in rats. / J.A. Velázquez-Moyado et al. // J Ethnopharmacol. – 2015. – Vol. 174. – P. 403-9.
9. Venskutonis, P. Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety. Edited by V.R. Preedy. / Chapter 62 - Lovage (*Levisticum officinale* Koch.) Oils. 2016. – P. 539-49.
10. Sprea, R.M. Chemical and bioactive characterization of the aromatic plant *Levisticum officinale* W.D.J. Koch: a comprehensive study / R.M. Sprea et al. // Food Funct. – 2020. – Vol. 11(2). – P.1292-1303.
11. Mollashahee-Kohkan, F. *Levisticum officinale* Extract Triggers Apoptosis and Down-Regulates ZNF703 Gene Expression in Breast Cancer Cell Lines. / F. Mollashahee-Kohkan et al. // Rep Biochem Mol Biol. – 2019. – Vol. 8(2). – P. 119-125.

12. Jambor, T. The effect of *Apium graveolens* L., *Levisticum officinale* and *Calendula officinalis* L. on cell viability, membrane integrity, steroidogenesis, and intercellular communication in mice Leydig cells in vitro / T. Jambor et al. // *Physiol Res.* – 2021 Jun 1. – PMID: 34062080.
13. Tvrdá, E. *Levisticum officinale* and its effects on bovine spermatozoa activity / E. Tvrdá, A. Vargal, M. Slávik et al. // *J Micr Bio Food Sci.* – 2019. – Vol. 8(5). – P. 1212-6.
14. Ghaedi, N. Antidiabetic Properties of Hydroalcoholic Leaf and Stem Extract of *Levisticum officinale*: An implication for α -amylase Inhibitory Activity of Extract Ingredients through Molecular Docking / N. Ghaedi, I. Pouraboli, N. Askari // *Iranian Journal of Pharmaceutical Research.* – 2020. – Vol.19. – P. 231-250.
15. Cho, A.S. Chlorogenic acid exhibits anti-obesity property and improves lipid metabolism in high-fat diet-induced-obese mice / A.S. Cho et al. // *Food Chem Toxicol.* – 2010. – Vol. 48(3). – P. 937-43.
16. Rahbardar, M.G. Rosmarinic acid attenuates development and existing pain in a rat model of neuropathic pain: An evidence of anti-oxidative and anti-inflammatory effects / M.G. Rahbardar et al. // *Phytomedicine.* 2018. – Vol. 40. – P. 59-67.
17. Purup, S. Differential effects of falcarinol and related aliphatic C(17)-polyacetylenes on intestinal cell proliferation / S. Purup, E. Larsen, L.P. Christensen // *J Agric Food Chem.* – 2009. – Vol. 57(18). – P. 8290-6.
18. Schinkovitz, A. Antimycobacterial polyacetylenes from *Levisticum officinale* / A. Schinkovitz, M. Stavri, S. Gibbons, F. Bucar // *Phyto Res.* – 2008. – Vol. 22(5). – P. 681-4.
19. Sertel, S. Chemical Composition and antiproliferative activity of essential oil from the leaves of a medicinal herb, *Levisticum officinale*, against UMSCC1 head and neck squamous carcinoma cells. / S. Sertel, T. Eichhorn, P.K. Plinkert et al. // *Anticancer Res.* – 2011 – Vol. 31(1). – P. 185-91.
20. Gholamhoseinian, A. Inhibitory Effect of Some Plant Extracts on Pancreatic Lipase / A. Gholamhoseinian, B. Shahouzehi, F. Sharifi-Far // *International Journal of Pharmacology.* – 2010. – Vol. 6(1). – P. 18-24.
21. Amraie, E. Neuroprotective effects of *Levisticum officinale* on LPS-induced spatial learning and memory impairments through neurotrophic, anti-inflammatory, and antioxidant properties / E. Amraie et al. // *Food Function.* – 2020. – Vol. 11(7). – P. 6608-6621.
22. Khan, A. Neuroprotective Effect of Quercetin Against the Detrimental Effects of LPS in the Adult Mouse Brain / A. Khan et al. // *Front Pharm.* – 2018. – Vol. 11(9). – P. 1383.
23. Nabavi, S.F. Chlorogenic Acid and Mental Diseases: From Chemistry to Medicine. / S.F. Nabavi et al. // *Curr Neuropsychopharmacol.* – 2017. – Vol. 15(4). – P.471-479.
24. Hu, Z. Tetramethylpyrazine ameliorates hepatic fibrosis through autophagy-mediated inflammation / Z. Hu et al. // *Biochem Cell Biol.* – 2020. – Vol. 98(3). – P. 327-37.
25. Xu, L. Tetramethylpyrazine Attenuated Sevoflurane-Induced Neurotoxicity by Enhancing Autophagy through GPR50/CREB Pathway in SH-SY5Y Cells / L. Xu et al. // *Am J Chin Med.* – 2020. – Vol. 48(4). – P. 945-66.
26. Rai, U. Tetramethylpyrazine alleviates diabetic nephropathy through the activation of Akt signaling pathway in rats / U. Rai et al. // *Eur J Pharm.* – 2019. – Vol. 865. – P. 172763.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2021.113.11.073>**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕКТИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ ТРАВЫ КОСМЕИ
ДВАЖДЫПЕРИСТОЙ (*COSMOS BIPINNATUS* CAV.)**

Научная статья

Куличенко Е.О.^{1,*}, Мыкоц Л.П.², Туховская Н.А.³, Андреева О.А.⁴, Лигай Л.В.⁵, Оганесян Э.Т.⁶¹ ORCID: 0000-0002-0727-6689;³ ORCID: 0000-0003-4163-2875;⁵ ORCID: 0000-0001-7754-8793;⁶ ORCID: 0000-0002-2756-9382;¹⁻⁶ Пятигорский медико-фармацевтический институт – филиал ВолгГМУ Минздрава России, Пятигорск, Россия

* Корреспондирующий автор (evgenia.kuli4enko[at]yandex.ru)

Аннотация

Пектиновые вещества (ПВ) нашли широкое применение в медицине: выявлено их бактериостатическое действие, возможность выведения радионуклидов и тяжелых металлов из организма. В фармации пектины широко используются в качестве основы для получения пастилок, суппозиторий, таблеток, желатиновых лекарственных форм, а также для пролонгирования и усиления эффекта в таблетках и микстурах. Известно синергическое действие пектинов в комбинациях с противотуберкулезными препаратами. Из травы космеи дваждыперистой сортов: «Purity», «Rosea» и «Dazzler» получены пектиновые вещества. Изучены их физико-химические, кинетические и сорбционные свойства. Определено значение pH среды, при котором они находятся в изоэлектрическом состоянии, определена средняя молекулярная масса, установлена сорбционная способность по отношению к ионам свинца, что позволяет рассматривать возможность использования пектиновых веществ в качестве природных энтеросорбентов из доступного сырья.

Ключевые слова: пектиновые вещества, вязкость, изоэлектрическое состояние, адсорбция.**A PHYSICO-CHEMICAL STUDY OF PECTIN SUBSTANCES FROM THE GRASS
OF *COSMOS BIPINNATUS* CAV.**

Research article

Kulichenko E.O.^{1,*}, Mykots L.P.², Tukhovskaya N.A.³, Andreeva O.A.⁴, Ligay L.V.⁵, Oganessian E.T.⁶¹ ORCID: 0000-0002-0727-6689;³ ORCID: 0000-0003-4163-2875;⁵ ORCID: 0000-0001-7754-8793;⁶ ORCID: 0000-0002-2756-9382;¹⁻⁶ Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute, branch of the Volgograd State Medical University, Pyatigorsk, Russia

* Corresponding author (evgenia.kuli4enko[at]yandex.ru)

Abstract

Pectin substances (PV) have found wide application in medicine such as their bacteriostatic effect, the possibility of removing radionuclides, and heavy metals from the body. In pharmacy, pectins are widely used as a basis for obtaining lozenges, suppositories, tablets, gelatin dosage forms, as well as for prolonging and enhancing the effect in tablets and medicines. The synergistic effect of pectins in combination with anti-tuberculosis drugs is known. In the course of the research, the authors obtain pectin substances from the grass of the "Purity", "Rosea" and "Dazzler" varieties of *Cosmos bipinnatus*; the authors also study their physicochemical, kinetic and sorption properties. The study determines the pH value of the medium at which they are in the isoelectric state, establishes the average molecular weight, the sorption capacity with respect to lead ions, which makes it possible to consider the possibility of using pectin substances as natural enterosorbents from available raw materials.

Keywords: pectin substances, viscosity, isoelectric state, adsorption.**Введение**

Пектиновые вещества (ПВ) нашли широкое применение в медицине: выявлено их бактериостатическое действие, возможность выведения радионуклидов и тяжелых металлов из организма. В фармации пектины широко используются в качестве основы для получения пастилок, суппозиторий, таблеток, желатиновых лекарственных форм, а также для пролонгирования и усиления эффекта в таблетках и микстурах. Известно синергическое действие пектинов в комбинациях с противотуберкулезными препаратами [1], [2], [6].

Космея дваждыперистая (*Cosmos bipinnatus* Cav.) представляет собой однолетнее растение, произрастающее в климатических условиях Северного Кавказа. Образует плотные высокие заросли, часто используют для создания живой изгороди. Само растение к условиям выращивания неприхотливо и очень легко культивируется, устойчиво к растительным инфекциям [14].

На основании изложенного выше материала мы сочли целесообразным получить пектиновые вещества из травы космеи дваждыперистой и изучить их физико-химические характеристики, в том числе сорбционные свойства и кинетические характеристики процесса образования пектата металла.

Основные результаты

Выделение пектиновых веществ из травы трех сортов космеи дваждыперистой проводили по методу Н.К. Кочеткова и М. Sinner (рис.1) [3], [4]; выход составляет от 4 до 8 %, что само по себе заслуживает внимания с

точки зрения использования данного растения в качестве источника препаративного получения этих соединений. В этой связи представляло интерес изучение их физико-химических характеристик.

Поскольку пектины - это высокомолекулярные соединения (ВМС) и представляют собой смесь полигомологов – молекул с разной массой, то обычно принято говорить о средней молекулярной массе. Ее значение зависит от способа получения, степени очистки ВМС и способа определения молекулярной массы.

Вискозиметрический метод для определения молекулярной массы полимеров является самым распространенным и доступным методом и выбран благодаря сравнительной простоте измерений.

Вязкость растворов ВМС не подчиняется закону Эйнштейна и графически не является линейной в зависимости от концентрации. Одной из причин этого явления может быть медленное установление равновесия в системе полимер-раствор [4].

Нами изучена зависимость вязкости от концентрации и pH растворов, вычислены средняя молекулярная масса ПВ, изоэлектрическое состояние, а также коэффициент Хаггинса, характеризующий интенсивность взаимодействия растворителя с полимером.

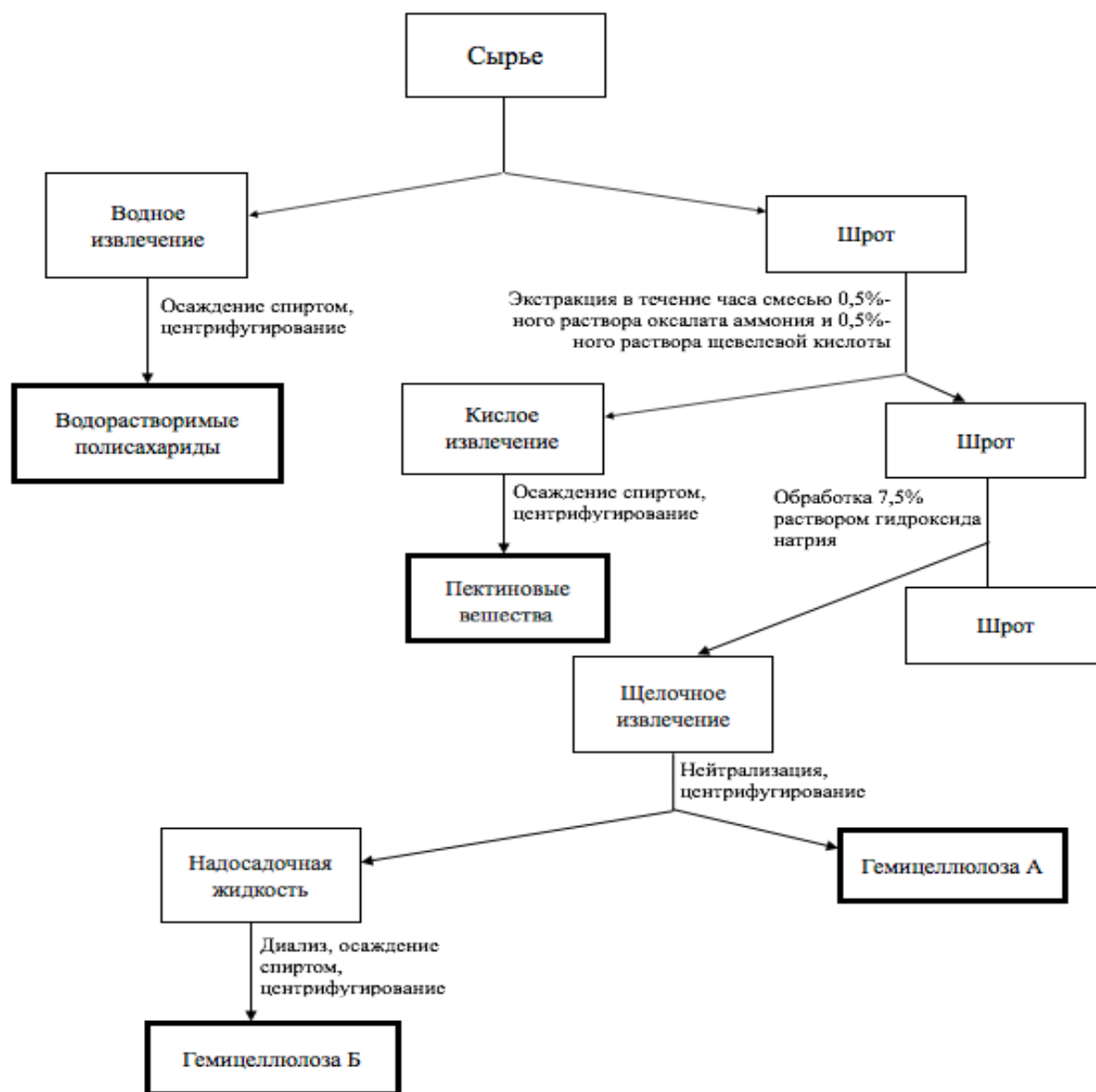


Рис. 2 – Схема получения пектиновых веществ из травы космеи дваждыперистой [3], [4]

Для определения средней молекулярной массы ПВ готовили серию водных растворов в интервале концентраций 0,2-1% и с помощью капиллярного вискозиметра Оствальда (модель ВПЖ-2, $d_{\text{капилляра}}=0,39$ мм) [8] измеряли время истечения воды и растворов.

Проводили расчеты различных видов вязкостей для нахождения величины характеристической вязкости, позволяющей определить среднюю молекулярную массу ПВ.

Относительную вязкость рассчитывали так:

$$\eta_{\text{отн}} = \frac{t \cdot \rho}{t_0 \cdot \rho_0} \quad (1)$$

где t и t_0 – время истечения исследуемой и эталонной жидкости; ρ и ρ_0 – плотности раствора и растворителя.

Удельная вязкость характеризует прирост вязкости раствора $\eta_{\text{уд}}$ по сравнению с вязкостью растворителя:

$$\eta_{\text{уд}} = \frac{\eta - \eta_0}{\eta_0} = \eta_{\text{отн}} - 1 \quad (2)$$

Удельная вязкость, отнесенная к единице концентрации (приведенная вязкость), позволила определить характеристическую вязкость $[\eta]$, по графической зависимости $\eta_{\text{пр}} = f(c)$.

Результаты эксперимента представлены в табл.1.

Таблица 1 – Результаты измерения вязкости водных растворов ПВ полученных из травы космеи дваждыперистой

Сорт «Purity»					Сорт «Rosea»				Сорт «Dazzler»			
C, кг/м ³	t _{сек}	$\eta_{\text{отн}}$	$\eta_{\text{уд}}$	$\eta_{\text{пр}}$	t _{сек}	$\eta_{\text{отн}}$	$\eta_{\text{уд}}$	$\eta_{\text{пр}}$	t _{сек}	$\eta_{\text{отн}}$	$\eta_{\text{уд}}$	$\eta_{\text{пр}}$
H ₂ O	17,00	-	-	-	13,00	-	-	-	31,00	-	-	-
0,2	20,60	1,22	0,22	1,10	34,9	2,68	1,68	0,84	51,6	1,66	0,66	3,30
0,4	37,69	2,23	1,23	3,08	36,7	2,82	1,82	4,55	73,7	2,38	1,38	3,45
0,6	40,02	2,37	1,37	2,28	48,1	3,70	2,70	4,50	98,7	3,18	2,18	3,63
0,8	48,02	2,84	1,84	2,30	59,2	4,55	3,55	4,43	134,1	4,32	3,32	4,15
1	58,43	3,43	2,43	2,43	80,4	6,18	5,18	5,18	175,2	5,65	4,65	4,65

Графическая зависимость $\eta_{\text{уд}}$ от концентрации представлена на рис. 2.

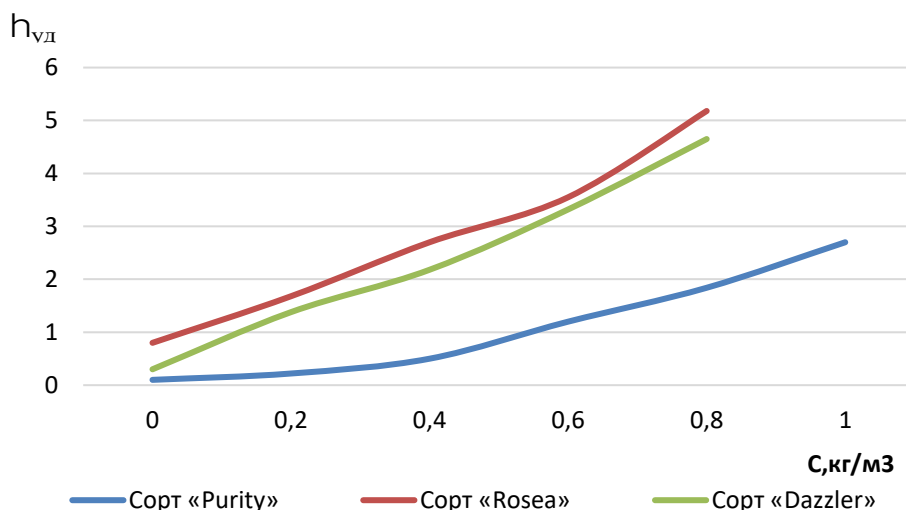


Рис. 3 – Зависимость удельной вязкости от концентрации водных растворов ПВ

С повышением концентрации вязкость растворов всех образцов ПВ возрастает резко по кривой, которая выпуклостью обращена к оси концентраций. Теоретически это возможно объяснить либо большим количеством растворителя геометрически связанного с макромолекулами ПВ, либо структурированием системы при повышении концентрации ПВ [5].

При построении зависимости приведенной вязкости раствора ПВ от его массо-объемной концентрации графическим способом определили характеристическую вязкость. Ее величина определена как отрезок, отсекаемый прямой на оси ординат (рис.3).

Найденные величины $[\eta]$ составили: 0,7; 1,75; 1,02 для ПВ космеи сортов «Purity», «Rosea», «Dazzler» соответственно.

Для определения средней молекулярной массы (M) использовали уравнение:

$$[\eta] = K \cdot M^{\alpha} \quad (3)$$

где K и α - константы.

В расчетах использовали литературные данные значений: $K=1,1 \cdot 10^{-5}$, $\alpha = 1,2$ [6].

Средняя молекулярная масса (г/моль) ПВ, выделенного из космеи разных сортов составила: «Purity» - 10071, «Rosea» - 21615, «Dazzler» - 13715.

Для сравнительной оценки взаимодействия макромолекул ПВ и растворителя определяли величину коэффициента Хаггинса. В одном и том же растворителе у разных полимеров меняется гидродинамическое сопротивление макромолекул потоку жидкости, а следовательно, и характеристическая вязкость.

Считается, что коэффициент, определяющий наклон прямой, пропорционален квадрату $[\eta]$.

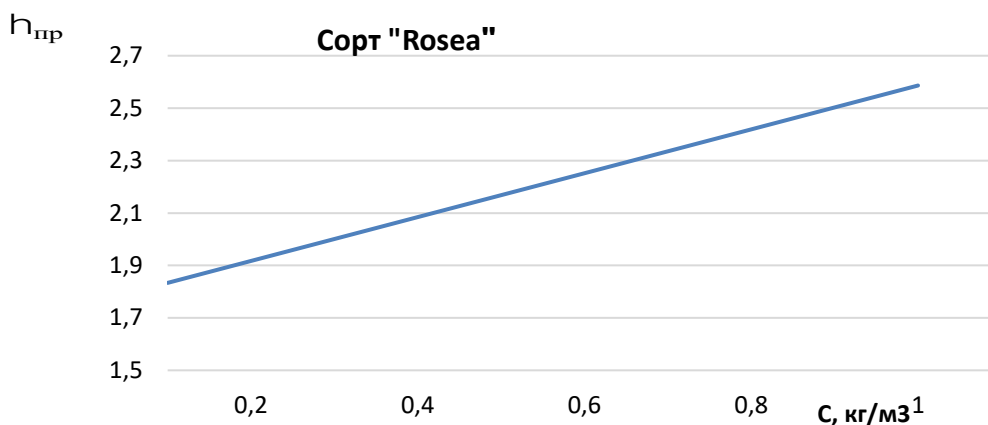


Рис. 3 – Зависимость приведенной вязкости от концентрации растворов ПВ из травы космеи дваждыперистой сорта «Rosea»

Уравнение Хаггинса позволяет определить константу (K)', характеризующую «сродство» полимера и растворителя.

$$\eta_{\text{пр}} = [\eta] + K' \cdot [\eta]^2 \cdot c \quad (4)$$

Ее величину находили по тангенсу угла наклона зависимости приведенной вязкости от концентрации. Тогда:

$$K' = \text{tg} \alpha \cdot [\eta]^2 \quad (5)$$

Найденные величины составили для ПВ из травы космеи сортов «Purity» - 3,67, «Rosea» - 1,14, «Dazzler» - 2,69.

Нами выявлена корреляционная зависимость между средней молекулярной массой, удельной и характеристической вязкостью. В соответствии с ней ПВ различных сортов по взаимодействию с растворителем можно расположить в ряд: сорт «Purity» < сорт «Dazzler» < сорт «Rosea».

Таблица 2 – Сравнительные характеристики изучаемых растворов

Название сорта	M, г/моль	$\eta_{\text{уд}}$	$[\eta]$	K'
«Purity»	10071	2,8	0,7	3,67
«Dazzler»	13715	4,7	1,02	2,69
«Rosea»	21615	5,2	1,75	1,14

Высокая величина константы Хаггинса (табл.2) свидетельствует о «плохом» взаимодействии полимера и растворителя, что объясняет невысокую растворимость ПВ сортов «Purity» и «Dazzler» в воде. Возможно, макромолекулы мало сольватированы, и участки цепи взаимодействуют друг с другом, а возможно, образование ассоциатов, мешающих течению [4].

Пектиновые вещества относятся к слабым полиэлектролитам и степень их ионизации, а также заряд ионов зависят от pH среды. При некоторых значениях pH макромолекулы могут находиться в состоянии полиамфиона, что меняет физико-химические свойства полимера.

Изучалась также зависимость вязкости раствора ПВ от pH среды. С этой целью готовили серию 0,8% растворов ПВ и добавляли ацетатный буферный раствор с разными значениями pH. Время истечения растворов определяли с помощью вискозиметра Оствальда. ПВ являются более сильной кислотой, чем основанием из-за большого содержания карбоксильных групп, поэтому следует ожидать, что в изоэлектрическом состоянии макромолекула будет находиться при pH < 7.

Графическая зависимость $\eta_{\text{отн}}$ от pH показала, что все ПВ из травы космеи дваждыперистой, независимо от окраски цветов находятся в изоэлектрическом состоянии при pH 4,7 (рис.4). С изменением pH вязкость увеличивается, так как свернутый в клубок полимер (pH 4,7) распрямляется и объем увеличивается, что приводит к росту величины вязкости.

Результаты эксперимента представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Зависимость вязкости растворов ПВ от pH среды

Название сорта		«Purity»		«Rosea»		«Dazzler»	
№	pH	t, сек	$\eta_{\text{отн}}$	t, сек	$\eta_{\text{отн}}$	t, сек	$\eta_{\text{отн}}$
1.	H ₂ O	33,0	-	14,5	-	31,0	-
2.	3,2	108,9	3,30	32,63	2,25	57,1	1,84
3.	3,7	99,5	3,01	28,95	1,99	49,8	1,61
4.	4,2	60,1	1,82	23,96	1,65	45,8	1,48
5.	4,7	52,6	1,59	20,86	1,44	41,2	1,33
6.	5,2	53,7	1,63	21,42	1,48	41,9	1,35
7.	5,7	55,3	1,67	-	1,42	42,3	1,36

Необходимо знать значение кислотности среды, при которой ПВ находятся в виде свернутых в клубок макромолекул, так как от этого зависят свойства растворов. При нахождении ПВ в форме полиамфиона уменьшается вязкость, способность к набуханию, растворению, увеличивается застудневание, денатурация. Меняются и другие свойства полимера, что приходится учитывать как при их практическом применении, так и выборе оптимальных технологических процессов.

Пектины относятся к числу эффективных природных детоксикантов, поэтому актуально использование ПВ для изучения сорбционной емкости по отношению к ионам тяжелых металлов [6]. Детоксицирующее действие основано на образовании нерастворимых соединений – пектинатов металлов, которые не адсорбируются в кишечнике и легко выводятся из организма [6], [7]. Сорбционная емкость выражается количеством ионов тяжелого металла, связывающихся с 1 граммом ПВ.

Изучалась сорбционная способность ПВ (invitro) по отношению к ионам свинца. Использовался метод изолирования Оствальда [8], учитывающий изменение концентрации одного участника процесса, при минимальном влиянии другого. При этом, реакция проводится с избытком сорбента, тогда скорость сорбции пропорциональна концентрации взятого в недостатке реагента (ионов свинца).

После отделения осадка пектата свинца, определение ионов свинца в фильтрате проводили титрованием 0,01 М ЭДТА (натрия этилендиаминтетраацетат двузамещенный) в среде ацетатного буфера (pH=5). В качестве индикатора использовали ксиленоловый оранжевый. Титрование проводили до перехода малиновой окраски в лимонно-желтую [13].

Расчет массы свинца в исследуемом растворе проводили по формуле:

$$m_{Pb^{2+}}(\text{мг/г}) = \frac{Э_{Pb^{2+}} \cdot N \cdot V}{1000} \cdot \frac{100}{10} \cdot 1000, \quad (6)$$

где $Э_{Pb^{2+}}$ – молярная эквивалентная масса свинец-ионов; N – нормальная концентрация раствора моль/л ЭДТА; V – объем раствора.

Величина адсорбции определяется избытком вещества на границе фаз по сравнению с равновесным количеством данного вещества. Она вычисляется по уравнению:

$$A_{\text{экс}} = \Delta c \cdot V / m \quad (7)$$

Где Δc – концентрация свинец ионов адсорбированных на ПВ (ммоль/г); V – объем раствора, m – масса сорбента, используемого для адсорбции(г).

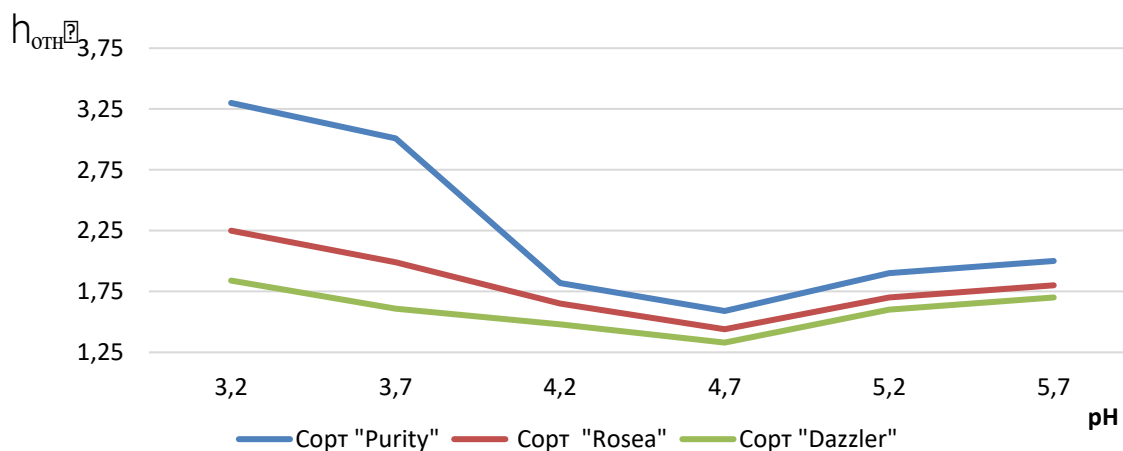


Рис. 4 – Зависимость относительной вязкости 0,8% растворов ПВ от pH среды

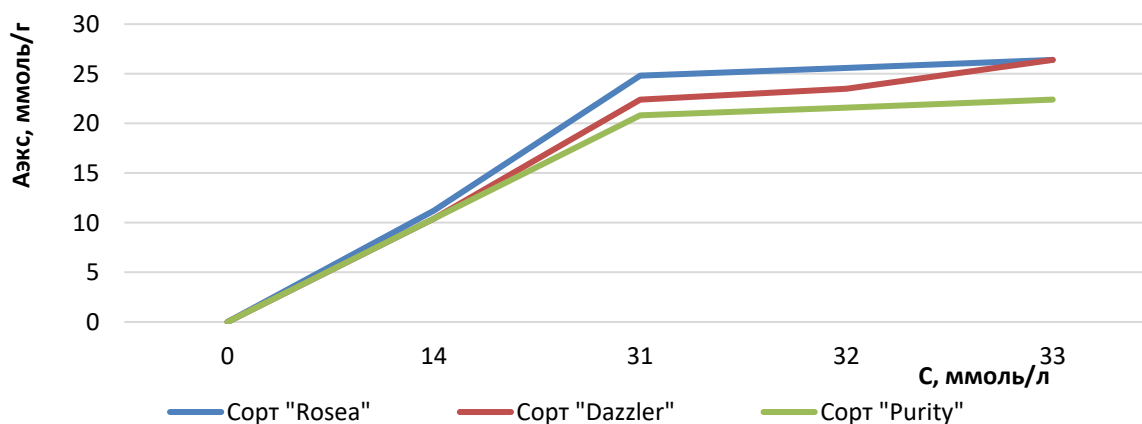


Рис. 5 – Изотермы адсорбции

Проведенное исследование сорбционной активности пектиновых веществ, выделенных из травы космеи дваждыперистой с соцветиями различных цветов, показало наличие сорбционной способности связывания Pb^{2+} . Процент связывания ионов свинца у ПВ из космеи сортов: «Dazzler» составил через 30 минут 75%, «Purity» 70% через 40 минут, «Rosea» 82,5% через 30 минут.

Результаты эксперимента представлены в табл. 4.

Таблица 4 – Изменение концентрации ионов Pb^{2+} в процессе сорбции на ПВ, выделенных из травы космеи дваждыперистой

Сорт	t, мин	Концентрация ионов Pb^{2+} , мг/г	Концентрация ионов Pb^{2+} , ммоль/л	Процент связывания, %
«Dazzler»	0	82,9	40,0	-
	10	24,8	12,0	70,0
	20	22,8	11,0	72,5
	30	20,7	10,0	75,0
	60	20,7	10,0	75,0
«Rosea»	0	82,9	40,0	-
	5	53,9	26,0	65,0
	10	18,7	9,0	77,5
	20	16,6	8,0	80,0
	30	14,5	7,0	82,5
	60	14,5	7,0	82,5
«Purity»	0	82,9	40,0	-
	5	64,5	31,0	64,6
	10	31,1	15,0	62,5
	20	29,0	14,0	65,0
	30	26,9	13,0	67,5
	40	24,9	12,0	70,0
	60	24,9	12,0	70,0

Изотермы адсорбции для всех видов сорбента представлены на рис.5.

Полученные данные свидетельствуют о высокой сорбционной способности выделенных пектинов относительно иона тяжелого металла.

Отмечено, что сорбционная способность ПВ из травы космеи зависит от сорта. В целом, она высокая и варьирует в пределах от 70 до 82%. Однако, у ПВ сорта «Rosea» процент связывания уже через 30 минут составляет 82,5% в то время как у сорта «Purity» - 70%. Следовательно, при анализе свойств ПВ из одного и того же растительного сырья нужно учитывать и его сортность.

Для установления механизма сорбционного процесса определяли порядок процесса [9]. Порядок протекания процесса для всех образцов оказался первым, так как его графическое определение показало наличие линейной зависимости $\ln C = f(t)$ (рис.6) [9], [10], [11].

Константу скорости рассчитывали в соответствии с уравнением:

$$K = 1/t(\ln C_0/C_t), \quad (8)$$

где C_0 , C_t – исходная концентрация ионов свинца и концентрация ионов свинца в момент времени t (мин).

Расчётные величины констант скорости (мин^{-1}) для разных сортов составили: $1,42 \cdot 10^{-2}$ (ПВ сорта «Rosea»); $2,04 \cdot 10^{-2}$ (ПВ сорта «Dazzler»); $2,85 \cdot 10^{-2}$ (ПВ сорта «Purity»).

Для оценки механизма сорбции ионов на поверхности адсорбента рассчитывались величины адсорбции по уравнениям Ленгмюра и Фрейндлиха [5].

Уравнение Ленгмюра, выраженное через равновесную концентрацию:

$$A = A_{\infty} \cdot C/b + c, \quad (9)$$

где b – коэффициент, численно равный концентрации адсорбента, при которой величина адсорбции составляет половину предельного значения (A_{∞}).

Вычисление проводили графическим путем, преобразуя уравнение в линейную форму:

$$1/A = b/(A_{\infty} \cdot c) + 1/A_{\infty}. \quad (10)$$

По экспериментальным данным строили график зависимости $1/A$ от $1/c$.

Прямая, усредняющая точки, экстраполируется на ось ординат, отсекает отрезок, равный $1/A_{\infty}$, позволяющей определить A_{∞} . Константу « b » находили по тангенсу угла наклона графика к оси абсцисс, равному b/A_{∞} [12].

Найденные величины для ПВ из травы разных сортов составили: $A_{\infty} = 333$; $b = 250$ (сорт «Dazzler»), $A_{\infty} = 250$; $b = 333$ (сорт «Purity»), $A_{\infty} = 28,6$; $b = 28,5$ (сорт «Rosea»).

Еще одно уравнение, описывающее изотерму адсорбции – уравнение Фрейндлиха:

$$A=K \cdot C^{1/n}, \quad (11)$$

где K и $1/n$ – константы.

Это уравнение часто используется при исследовании адсорбции на пористых адсорбентах и косвенно позволяет оценивать природу поверхности сорбента.

Вычисление констант так же проводили графическим путем, используя логарифмическую форму уравнения:

$$\lg A = \lg K + 1/n \lg C. \quad (12)$$

График зависимости $\lg A$ от $\lg C$ при экстраполяции отсекает от оси ординат отрезок $\lg K$, а тангенс угла наклона его к оси абсцисс равен константе $1/n$.

Эксперимент показал, что для ПВ из травы космеи дваждыперистой константы Фрейндлиха составили: $K=22,13$; $1/n=0,95$ («Dazzler»), $K=23,5$; $1/n=0,97$ («Rosea»), $K=19,5$; $1/n=0,97$ («Purity»).

Величина K увеличивается от 19,5 до 23,5, а чем больше ее значение, тем быстрее достигается предел насыщения поверхности сорбента. ПВ из космеи дваждыперистой сорта «Rosea» ($K=23,5$) обладает большей сорбционной способностью (82,5%).

В таблице 5 приведены сравнительные данные экспериментальных и расчетных величин адсорбции.

Данные, представленные в таблице позволяют сделать предположение, что процесс сорбции в большей степени подчиняется уравнению Ленгмюра. Адсорбция мономолекулярна и адсорбат располагается на поверхности адсорбента толщиной в одну молекулу.

Повышенная сорбционная способность ПВ космеи сорта «Rosea» может быть связана с особенностью поверхности сорбента. Поэтому представляло интерес вычисление удельной поверхности исследуемых адсорбентов. Удельная поверхность, как суммарная площадь поверхности, отнесенная к единице массы адсорбента определялась из отношения:

$$X_{\infty}/m = A_{\infty} S \quad (13)$$

где X_{∞}/m – предельное количество адсорбата, поглощенное единицей массы адсорбента; S – удельная поверхность.

С учетом найденной величины A_{∞} по данным эксперимента, определяли удельную поверхность (S см²/г), которая составила для: ПВ сорта «Rosea» 0,923; ПВ сорта «Dazler» 0,089; ПВ сорта «Purity» 0,072. Полученные результаты подтверждают более высокую сорбционную активность ПВ космеи дваждыперистой сорта «Rosea».

Таблица 5 – Результаты определения величины адсорбции ионов свинца ПВ

Сорт	t, мин	ΔC , ммоль/л	$A_{\text{экс}}$, ммоль/г	$A_{\text{л}}$, ммоль/г	$A_{\text{ф}}$, ммоль/г	$A_{\text{экс}}/A_{\text{л}}$	$A_{\text{экс}}/A_{\text{ф}}$
«Dazzler»	5	13	10,4	16,5	253,1	0,63	0,047
	10	28	22,5	33,6	524,5	0,67	0,043
	20	29	23,5	34,6	542,5	0,68	0,043
	30	30	24,0	35,7	560,1	0,67	0,043
	-	-	-	-	-	Ср. 0,7	Ср. 0,043
«Rosea»	5	14	11,2	9,4	288,3	1,18	0,039
	10	31	24,8	14,9	613,3	1,65	0,040
	20	32	25,6	15,1	632,3	1,68	0,040
	30	33	26,4	15,3	651,1	1,70	0,040
	-	-	-	-	-	Ср. 1,5	Ср. 0,040
«Purity»	5	9	7,2	6,6	157,2	1,09	0,046
	10	25	20,0	17,5	415,0	1,14	0,048
	20	26	20,8	18,4	430,8	1,13	0,048
	30	27	21,6	18,7	446,5	1,15	0,048
	40	28	22,4	19,4	462,21	1,15	0,048
	-	-	-	-	-	Ср. 1,15	Ср. 0,048

Заключение

В результате проведенных исследований:

1. Получены ПВ из травы трех сортов космеи дваждыперистой (*Cosmos bipinnatus Cav.*) - «Purity», «Rosea», «Dazzler». Выход пектиновых веществ составит от 4 до 8%.

2. Определена средняя молекулярная масса (г/моль) ПВ, выделенных из космеи дваждыперистой сортов: «Purity», «Rosea», «Dazzler», которая составила 10071, 21615, 13715 соответственно.

3. Выявлена зависимость вязкости растворов ПВ от pH среды: независимо от окраски цветов, молекулы полиэлектролитов находятся в изоэлектрическом состоянии при pH 4,7. В таком состоянии изменяются свойства электролитов: уменьшается процесс набухания, ускоряется застудневание и денатурация, отсутствует электрофоретическая подвижность данных молекул. Эти изменения следует учитывать при изготовлении лекарственных форм с использованием полученных ПВ.

4. Установлено, что ПВ способны связывать ионы свинца и при этом процент связывания зависит от ПВ конкретного сорта космеи дваждыперистой: оно находится в пределах от 70 до 82,5%, что позволяет рассматривать возможность их использования в качестве дешевых природных энтеросорбентов, способствующих выведению из ЖКТ токсических веществ экзо- и эндогенного характера.

5. Выявлена прямая коррелирующая зависимость между молекулярной массой и сорбционной способностью. Чем больше молекулярная масса образца, тем выше его сорбционная способность.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Harris W.A. The Interaction of Neomycin and Other Aminoglycosides with Pectin and Amaranth / W.A. Harris // J. Pharm, Australian (1971), pp. 42-45.
2. Криштанова Н.А. Перспективы использования растительных полисахаридов в качестве лечебных и лечебно-профилактических средств / Н.А. Криштанова, М.Ю. Сафонова, В.Ц. Болотова и др. // Вестник ВГУ. Сер. «Химия. Биология. Фармация», 4, сс.181-185.
3. Кочетков Н.К. Химия углеводов / Н.К. Кочетков, А.Ф. Бочков, Б.А. Дмитриев и др. Москва: Химия, 1967, сс.419-426.
4. Цветков В.Н. Структура макромолекул в растворах / В.Н. Цветков, В.Е. Эскин, С.Я. Френкель. Москва: Наука, 1964. сс. 194-200.
5. Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии / Ю.Г. Фролов. Москва: Химия, 1982. сс. 370-373.
6. Карпович Н.С. Пектин. Производство и применение / Н.С. Карпович, Л.В. Донченко, В.В. Нелина. Киев: Урожай, 1989. сс. 1-88.
7. Манукян К.А. Изучение сорбционной способности пектина из лука медвежьего (черемши) (*Allium ursinum* L.) по отношению к ионам свинца (II) / К.А. Манукян, Л.П. Мыкоц, Е.И. Компанцева // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, Т.14, 1, сс. 2263-2265.
8. Государственная фармакопея РФ, 12-е изд., Ч.1, Науч. центр экспертизы средств мед. применения, Москва, 2007, сс. 41-49.
9. Мыкоц Л.П. Изучение кинетики реакций образования полиуранатов свинца при взаимодействии ацетата свинца с биополимерами, выделенными из растительного сырья / Л.П. Мыкоц, О.М. Жилина, Т.Н. Сысоева // Успехи современной науки и образования, Т.9, 4, сс.161-164.
10. Васина Т.М. Исследование сорбционной способности пектина, полученного кислотным экстрагированием из кожуры семян люпина / Т.М. Васина, Л.П. Мыкоц, Н.А. Туховская и др. // Сибирский журнал, 5, (2012), сс.115-117.
11. Мыкоц Л.П. Определение кинетики сорбции катиона металла пектином из цитрусовых / Л.П. Мыкоц, Н.А. Туховская, С.Н. Бондарь // Успехи современного естествознания, 6, сс. 55-57.
12. Мыкоц Л.П. Изучение адсорбционных и кинетических характеристик природных сорбентов по отношению к катионам свинца (II) / Л.П. Мыкоц, З.М. Нерсисян, А.А. Трибакова // Разработка, исследование и маркетинг новой фармацевтической продукции, 69, сс. 168-170.
13. Аджахметова С.Л. Изучение реологических и сорбционных свойств пектинсодержащих растворов из листьев рябины рябинолистного / С.Л.Аджахметова, Л.П.Мыкоц, Н.М. Червонная и др. // Фармация и фармакология, 5(5). сс.442-456.
14. Жизнь растений. Т. 5. Часть 1. М.: Просвещение, 1980, сс.292 – 293.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Harris W.A. The Interaction of Neomycin and Other Aminoglycosides with Pectin and Amaranth / W.A. Harris // J. Pharm, Australian (1971), pp. 42-45.
2. Krishtanova N.A. Perspektivy ispol'zovaniya rastitel'nyh polisaharidov v kachestve lechebnyh i lechebno-profilakticheskikh sredstv [Prospects for the use of plant polysaccharides as curative and therapeutic and prophylactic agents] / N.A. Krishtanova, M.Yu. Safonova, V.Ts. Bolotov et al. // Vestnik VGU. Ser. «Khimija. Biologija. Farmacija» [Bulletin of the VSU. Ser. "Chemistry. Biology. Pharmacy], 4, (2005), pp.181-185 [in Russian]
3. Kochetkov N.K. Khimija uglevodov [Chemistry of carbohydrates] / N. K. Kochetkov, A. F. Bochkov, B. A. Dmitriev , et al. Chemistry, Moscow, (1967), pp.419-426 [in Russian]
4. Tsvetkov V.N. Frankel Struktura makromolekul v rastvorakh [Structure of macromolecules in solutions] / V. N. Tsvetkov, V. E. Eskin, S. Ya. Frankel, Nauka, Moscow, (1964), pp. 194-200 [in Russian]
5. Frolov Yu.G. Kurs Kolloidnoy khimii [Course of colloidal Chemistry] / Yu. G. Frolov, Chemistry, Moscow, (1982), pp. 370-373 [in Russian]
6. Karpovich N.S. Pektin. Proizvodstvo i primenenie [Pectin. Production and application] / N.S. Karpovich, L.V. Donchenko, V.V. Nelina , Urozhay, Kiev, (1989), pp. 1-88 [in Russian]
7. Manukyan K.A. Izuchenie sorbционной способности пектина из лука медвежьего (cheremshi) (*Allium ursinum* L.) po otnosheniju k ionam svince (II) [Study of sorption ability of pectin from bear onion (wild cherry) (*Allium ursinum* L.) in relation to lead (II) ions] / K.A. Manukyan, L.P. Mykots, E.I. Kompantseva // Izvestija Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk [Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences], Vol.14, 1, P. 2263-2265. [in Russian]
8. Gosudarstvennaja farmakopeja RF [State Pharmacopoeia of the Russian Federation, 12th ed., Part 1], Scientific Center for the Examination of Medical Applications, Moscow, (2007), pp. 41-49 [in Russian]
9. Mykots L. P. Izuchenie kinetiki reakcij obrazovaniya poliuranatov svinca pri vzaimodejstvii acetata svinca s biopolimerami, vydelennymi iz rastitel'nogo syr'ja [the Study of the kinetics of reactions of formation of polyuranodon lead in

the interaction of lead acetate with biopolymers isolated from plant raw material] / L.P. Mykots, O.M. Zhilina, T.N. Sysoeva Uspekhi sovremennoj nauki i obrazovaniya [Successes of Modern Science and Education]. Vol.9, 4, (2017) pp.161-164 [in Russian]

10. Vasina, T. M. Issledovanie sorbcionnoj sposobnosti pektina, poluchennogo kislotnym jekstragirovaniem iz kozhury semjan ljupina [Research of sorption ability of the pectin obtained by acid extraction from the peel of lupine seeds] / T.M. Vasina, L.P. Mykots, N.A. Tukhovskaya et al. Sibirskiy Zhurnal [Siberian Journal]. 5, (2012), pp.115-117 [in Russian]

11. Mykots L.P. Opredelenie kinetiki sorbcii kationa metalla pektinom iz citrusovyh [Determination of the kinetics of sorption of metal cation with pectin from citrus] / L. P. Mykots, N. A. Tukhovskaya, S. N. Bondar // Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya [Successes of Modern Natural Science]. 6, (2010), pp. 55-57 [in Russian]

12. Mykots L. P. Izuchenie adsorbcionnyh i kineticheskikh harakteristik prirodnyh sorbentov po otnosheniju k kationam svinca (II) [the Study of adsorption and kinetic properties of natural sorbents in relation to the cations of lead (II)] / L.P. Mykots, Z.M. Nersesyan, A.A. Tribakova // Razrabotka, issledovanie i marketing novoj farmaceuticheskoj produkcii [Development, Research and marketing of new pharmaceutical products]. 69, (2015), pp. 168-170 [in Russian]

13. Adzhiiakhmetova S. L. . Izuchenie reologicheskikh i sorbcionnyh svojstv pektinsoderzhashhih rastvorov iz list'ev rjabinnika rjabinolistnogo [the study of the rheological and sorption properties pectinesterase solutions from the leaves of the Fieldfare English] / S.L.Adzhiiakhmetova, L.P.Mykots, N.M. Chervonnaya et al., Farmacija i farmakologija [Pharmacy and Pharmacology]. 5(5),(2017), pp.442-456 [in Russian]

14. Zhizn rasteniy [Plant life]. Vol. 5. Part 1. M.: Prosveshchenie, 1980, pp.292 - 293 [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2021.113.11.074>

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ КОНЦЕНТРАТОВ

Научная статья

Истомина Е.Е.^{1,*}, Хаташкеев А.В.², Куранов М.Н.³¹ ORCID: 0000-0002-1243-4434;² ORCID: 0000-0003-0304-6162;³ ORCID: 0000-0003-4910-6239;^{1,3} Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия;² ОАО «Иргиредмет», Иркутск, Россия

* Корреспондирующий автор (gamlet421[at]yandex.ru)

Аннотация

В статье рассмотрены технологии переработки золотосодержащих концентратов в золотоизвлекательной фабрике месторождения Высочайший Бодайбинского района Иркутской области.

Проведено исследование минеральных проб золотосодержащих концентратов. Рассмотрены рекомендации для повышения эффективности извлечения золота из золотосодержащих концентратов в золотоизвлекательной фабрике на месторождении «Высочайший» Иркутской области.

Ключевые слова: золотоизвлекательная фабрика (ЗИФ), концентрат, золотосодержащая руда, золотые головки, промпродукт, концентрат Труд-3.

STUDY OF GOLD-CONTAINING CONCENTRATE PROCESSING TECHNOLOGY

Research article

Istomina E.E.^{1,*}, Shataschkeev A.V.², Kuranov M.N.³¹ ORCID: 0000-0002-1243-4434;² ORCID: 0000-0003-0304-6162;³ ORCID: 0000-0003-4910-6239;^{1,3} Irkutsk state University, Irkutsk, Russia;² JFC Irgiredmet, Irkutsk, Russia

* Corresponding author (gamlet421[at]yandex.ru)

Abstract

The article deals with the processing technology of gold-containing concentrates in the gold extraction plant of the Vysochaishy deposit in the Bodaibo district of the Irkutsk region. The research of mineral samples of gold-containing concentrates was carried out. Recommendations for improving the efficiency of extraction of gold from the gold-containing concentrates at the gold-processing plant at the deposit «Vysochaishy» in the Irkutsk region are reviewed.

Keywords: gold concentration plant (GCP), concentrate, gold-bearing ore, gold heads, middlings, Trud-3 concentrate.

Introduction

In the process of processing primary gold-bearing ores at GRF, a number of stages take place:

1. Cathodic and cementation sediments; products of gravitational concentration of gold-bearing ores.

2. Gold headstones;

3. Such gold concentrates and middling products of concentrates finishing; products of beneficiation processing of silver and complex silver-bearing ores - gravity and flotation concentrates.

These products are characterized by a variety of material composition, content of precious metals and production volumes. Concentrate production is often seasonal. All this determines the difference in the technological schemes for processing concentrates, the equipment used, and the capacity of the smelting plants.

1. Melting of cathode and carburizing sediments

The standard and most common technological scheme for the processing of cathode and carburizing sediments obtained at gold recovery factory (GRF), heap leaching units (HL), includes two main operations: calcination at $t = 400 \div 700$ °C; subsequent melting for ligature gold.

In the process of roasting concentrates, complete dehydration of the material, oxidation of base metals, decomposition of sulfides and carbon burnout occur.

In cases where the initial carburizing sediments are characterized by a very high content of non-ferrous metals, an additional acid leaching operation is introduced. The initial precipitates are leached in a solution of acid, mainly sulfuric, with the transfer of the main fraction of copper, zinc and other base metals into the solution. The filtered and washed precipitates are then fired and melted.

2. Recycling gold headstones

The gold headstones (GH) are characterized by the most complex and variable chemical composition. Gold heads contain: sulfides (pyrite, arsenopyrite, galena, sphalerite), technogenic scrap (metallic iron, lead, copper) and oxides of iron, silicon, aluminum - up to 50%. Mass fraction of gold in GH is from 1 to 10%.

The most widespread in industrial practice is the technological scheme «oxidative roasting - cinder smelting». This technology is used to process GH, the sulfide components of which are mainly represented by sulfides and sulfoarsenides of iron, mainly pyrite (FeS_2) and arsenopyrite (FeAsS). During oxidative roasting of concentrates, sulfur and arsenic pass into the gas phase in the form of volatile oxides SO_2 , As_2O_3 , which are captured in the dust and gas cleaning system. Cinders of gold heads with a high content of iron oxide (Fe_2O_3) are melted to obtain ligature gold and slag.

The gold headstones with a high content of lead sulphides, mainly galena (PbS), are processed according to a similar scheme, but the ligature gold obtained by smelting the cinders is subjected to cupelling. The product of the technology is high-grade ligature gold. Black lead is obtained by additional remelting of drops with a reducing agent.

For GH with a high content of antimony sulfide - antimonite (Sb_2S_3), a complex processing technology has been developed to obtain commercial metallic antimony. The technology includes leaching of the concentrate with a sulfide-alkaline solution, followed by the separation of antimony from the solution by the electrolytic method. As a leaching concentrate, it is dried and melted with fluxes into master alloy gold.

The concentrate is very refractory to cyanidation, since the gold is relatively coarse and in close association with sulfides and quartz. In order to reduce losses in the process of extraction products with coarse and refractory gold begin to be separated at the grinding stage and at the first stage of gravity concentration of gold-bearing ore, and after the gravity refinement they are processed in a separate technological cycle.

At the Institute «Irgiredmet» and directly at the gold mining plants, research and testing were carried out to develop and industrialize the best options for processing technology for these products.

Industrial practice has shown that significant disadvantages of the roasting technology for processing sulphide-arsenic concentrates are the relatively high debt of gold with arsenous dust and sublimates (up to $0.1 \div 0.3\%$) and significant costs for the disposal of calcium and iron arsenates. In order to overcome these shortcomings, Irgiredmet has developed and tested a new non-fired technology for processing sulfide-arsenic gold and silver-containing concentrates. In comparison with the traditional scheme, it has a number of significant advantages. In particular, the working conditions of personnel are improved, since in the process of heat treatment of the mixture of the GH with reagents, no mixing of the charge is required, the costs of creating a dust and gas cleaning system for the smelting process are reduced due to a radical reduction in the release of sulfur dioxide, arsenic trioxide and dust into the gas phase; the debt of gold and silver in the dust is reduced, the costs of burying arsenic waste are significantly reduced, while the arsenic trisulfide sludge can be a liquid product.

3. Smelting gold concentrates

The need to master the technology for smelting gold concentrates is due to the needs of small and medium-sized gold mining plants in bringing the technological scheme to its logical conclusion - to obtain compact ligature gold as a commercial product. Testing of ligature gold in ingots allows for accurate determination of the content and accounting of precious metals and minimizes the tangible negative refining difference in the final settlements between refineries and suppliers.

As a rule, smelting of standard finished gold with fluxes in neutral mode does not pose any particular difficulties. The resulting slags are crushed and sent to the scheme for finishing concentrates.

Sulphides of iron and non-ferrous metals, sometimes present in the original product, have a negative effect on the results of smelting placer gold. The matte phase formed during smelting covers the upper plane of the ligature gold ingot with a dense layer, which complicates the sampling and analysis of the alloy as a whole. Removing the matte from the ingot mechanically is very laborious and involves the loss of precious metals. For smelting gold concentrates with sulphide impurities, a variant of the technology has been developed, in which sodium sulphate and a carbonaceous reductant are added to the charge. The matte formed in this case is easily removed from the ingot by wetting it in water. The ligature gold bars are clean, without impurities. The matte in powder form is collected and processed by known methods.

The presence of osmiride, a natural alloy of osmium with iridium, greatly interferes with the smelting of placer gold. The mass fraction of osmium in it averages $20 \div 40\%$, the rest is iridium. A characteristic feature of this mineral is a high melting temperature - $2700 \div 2800^\circ\text{C}$ and limited solubility in gold at a temperature of $1100 \div 1200^\circ\text{C}$. traditional technology.

According to the results of assay and mineralogical studies of gold head concentrates (Table 1), the average content of gold in magnetic and non-magnetic was on average 0.27% and 33.7% at the concentrate yield, respectively.

Table 1 – Results of assay and mineralogical studies of gold headstones of GRF Vysochaishy deposit

Date	MFr ZG, %			NMFr ZG, %		
	Nelab.	Sample number	Au	Nelab.	Sample number	Au
01.01.2017	5504	32	0,08	5505	32	22,42
01.03.2017	5512	82	0,06	5513	82	44,08
01.04.2017	5518	143	0,17	5519	143	30,37
01.06.2017	5524	158	0,06	5526	158	22,89
01.08.2017	5528	207	0,71	5529	207	42,32
01.10.2017	5535	265	0,39	5536	265	35,22
01.12.2017	5539	320	0,43	5541	320	38,32
Average value			0.27			33,66

Note: MFr ZG - Magnetic fraction of the gold head; NMFr ZG - Non-magnetic fraction of the gold head

The average content of free and bound gold in concentrates, according to the results of assay and mineralogical analyses, was up to 22% (Table 2).

Table 2 – Results of assay and mineralogical studies of concentrates of the Vysochaishy deposit

Date	Concentrate Trud-3, g/t			Promproduct gold, g/t		
	№lab.	Sample number	Au	№lab.	Sample number	Au
01.01.2017	160	73	3,21	162	73	15,48
01.03.2017	213	116	3,96	215	116	20,70
01.04.2017	270	171	6,01	258	126	30,70
01.06.2017	297	200	4,8	299	200	18,62
01.08.2017	331	245	3,45	333	245	22,06
01.10.2017	383	304	2,37	385	304	22,82
01.12.2017	437	359	5,34	439	359	24,28
Average value			4,16			22,09

Note: Concentrate Trud-3 - extracted gold using the sump technology using the Trud-3 beneficiation complex; Promproduct gold - industrial gold product

The average content of bound gold in Trud-3 concentrate was 4.16 g/t, and in industrial products - 22.09 g/t.

Prospects for improving the efficiency of alluvial gold mining at the Vysochaishy deposit, related to further improvement of enrichment methods, extraction and reduction of gold losses in general.

Recommendations for improving the efficiency of gold extraction from concentrates from the GRF at the Vysochaishy deposit:

1. For smelting, a universal charge is mainly used, developed at the Institute «Irgiredmet», which ensures the production of rich ligature gold and the formation of a neutral low-melting slag with a high solubility for iron and non-ferrous metal oxides, and which makes it possible to abandon their preliminary acid leaching when melting carburizing Zn sediments.

2. As a result of the studies conducted for the Vysochaishy deposit, it was proposed to test and implement the technology of gold head processing by nitric acid leaching. The implementation of this technology will make it possible to eliminate labor-intensive roasting and smelting operations with lead, release toxic gases, and reduce losses of noble metals (by 2-3%) and lower processing costs.

3. In Institute «Irgiredmet» has developed and tested on a semi-industrial scale a technology for smelting gold concentrates containing osmiride, which makes it possible to obtain a ligature gold ingot of a uniform composition, containing less than 0.05% of osmium and iridium in total. Tests have shown that the developed technology allows, with a high degree of selection, to separate gold from osmium and iridium, which are extracted into a liquid product.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Мир химии. Аналитический контроль благородных металлов. / Под ред. Ю.А. Карпова, В.Б. Барановской, Л.П. Житенко. – М.: Техносфера, 2019.
2. ОСТ 48-276-86 Руды и концентраты цветных металлов с попутным содержанием благородных металлов. Отбор и подготовка проб для определения содержания благородных металлов и влаги. – М.: Стандартиформ, 1987, 17 с.
3. ГОСТ 14180-80 Руды и концентраты цветных металлов. Методы отбора и подготовки проб для химического анализа и определения влаги. – М.: Стандартиформ, 1980, 20 с.
4. СК-РЖ-7.11-2017 Журнал регистрации результатов испытаний технологических проб ЗИФ // Н.В. Аксенова ГОК «Невский», Бодайбо, 2017 – 5 с.
5. Истомина Е.Е. Исследование процессов определения содержания золота в продуктах ГОК «Невский» ООО «Друза» / Е.Е. Истомина, А.В. Хаташкев // Международный научно-исследовательский журнал. - №7(97) часть 1. – 2020 – С.178-181
6. ГОСТ 8.010-2013 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Методики выполнения измерений. Основные положения. М.: «Стандартиформ», 2019. 36 с.
7. СК-РЖ-7.13-2017 Журнал регистрация выданных протоколов результатов испытаний проб карьера, МСИ, внешних заказчиков. // Н.В. Аксенова ГОК «Невский» ООО «Друза», Бодайбо, 2017 – 5 с.
8. СК-РЖ-7.14-2017 Журнал учета расхода реагентов, материалов / Н.В. Аксенова. ГОК «Невский» ООО «Друза», Бодайбо, 2017 – 5 с.
9. Результаты определения золота в слитках 2017 / Н.В. Аксенова. ГОК «Невский» ООО «Друза», Бодайбо, 2017 – 2 с.
10. Истомина Е.Е. Об управлении качеством при проектировании и разработке изделия из пенополиуретана / Е.Е. Истомина // Компетентность 2019 – №5. – С. 46-48.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Mir himii. Analiticheskij kontrol' blagorodnyh metallov [The world of chemistry. Analytical control of precious metals]. / Edited by Yu.A. Karpov, V.B. Baranovskaya, L.P. Zhitenko. - M.: Technosphere, 2019. [in Russian]
2. OST 48-276-86 Rudy i koncentraty cvetnyh metallov s poputnym soderzhaniem blagorodnyh metallov. Otbor i podgotovka prob dlya opredeleniya soderzhaniya blagorodnyh metallov i vlagi [OST 48-276-86 Ores and concentrates of non-ferrous metals with associated content of precious metals. Sampling and preparation of samples to determine the content of precious metals and moisture]. - M.: Standartinform, 1987, 17 p. [in Russian]

3. GOST 14180-80 Rudy i koncentraty cvetnyh metallov. Metody otbora i podgotovki prob dlya himicheskogo analiza i opredeleniya vlagi [GOST 14180-80 Ores and concentrates of non-ferrous metals. Methods of sampling and preparation of samples for chemical analysis and determination of moisture]. - M.: Standartinform, 1980, 20 p. [in Russian]
4. SK-RZH-7.11-2017 Zhurnal registracii rezul'tatov ispytaniy tekhnologicheskikh prob ZIF [SC-RJ-7.11-2017 Log test results of technological tests ZIF] / N.In. Aksenov. GOK "Nevsky", Bodaybo, 2017 – 5 p. [in Russian]
5. Istomina E. E Issledovanie processov opredeleniya sodержaniya zolota v produktah GOK «Nevskij» ООО «Druza» [study of the processes of determination of gold in the products GOK Nevskiy, ООО Druza] / E. E. Istomina, A. V. Atascii // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal [International research journal]. - №7(97) part 1. – 2020 – p. 178-181 [in Russian]
6. GOST 8.010-2013 Gosudarstvennaya sistema obespecheniya yedinstva izmereniy (GSI). Metodiki vypolneniya izmereniy. Osnovnyye polozheniya [State system for ensuring the uniformity of measurements (GSI). Measurement Techniques. The main provisions]. M.: "Standardinform". – 2019. – 36 p. [in Russian]
7. SK-RZH-7.13-2017 Zhurnal registratsiya vydannykh protokolov rezul'tatov ispytaniy prob kar'yera, MSI, vneshnikh zakazchikov [Magazine registration of the issued test results protocols for quarry samples, MSI, external customers]. / N.V. Aksenova GOK "Nevsky" LLC "Druza", Bodaibo, 2017 – 5 p. [in Russian]
8. SK-RZH-7.14-2017 Zhurnal ucheta raskhoda reagentov, materialov [Journal of accounting for the consumption of reagents, materials] // N.V. Aksenova GOK "Nevsky" LLC "Druza", Bodaibo, 2017 – 5 p. [in Russian]
9. Rezul'taty opredeleniya zolota v slitkakh 2017 [Results of determination of gold bullion 2017] // GOK "Nevsky" LLC "Druza", Bodaibo, 2017 – 2 p. [in Russian]
10. Istomina E.E. Ob upravlenii kachestvom pri proyektirovanii i razrabotke izdeliya iz penopoliuretana [On quality management in design and development of products made of polyurethane foam] / E.E. Istomina // Kompetentnost' – 2019 – No. 5. – P. 46-48. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2021.113.11.075>

ОСОБЕННОСТИ СОЛЬВАТАЦИИ В КОНТАКТНЫХ СИСТЕМАХ

Научная статья

Козлова-Козыревская А.Л.*

Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка, Минск, Республика Беларусь

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

Аннотация

В статье приводятся исследования в области сольватации в контактных системах. Разнообразие явлений, которые можно наблюдать в контактных системах, включающих сорбционно-активные материалы и растворы электролитов, указывает на возможность в широких пределах направленно изменять свойства таких систем. Это составляет основу для повышения эффективности их практического использования, а также может служить целям разработки новых, нетрадиционных технологических процессов и новых методов исследования веществ.

Ключевые слова: контактные системы; сорбция; сорбционно-активные материалы; сольватация; ионные процессы.

FEATURES OF SOLVATION IN CONTACT SYSTEMS

Research article

Kozlova-Kozyrevskaya A.L.*

Maksim Tank Belarusian State Pedagogical University, Minsk, Republic of Belarus

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

Abstract

The article presents research in the field of solvation in contact systems. The variety of phenomena that can be observed in contact systems, including sorption-active materials and electrolyte solutions, indicates the possibility of a wide range of directional changes in the properties of such systems. This forms the basis for increasing the efficiency of their practical use and can also serve the purposes of developing new, unconventional technological processes and new methods for the study of substances.

Keywords: contact systems; sorption; sorption-active materials; solvation; ionic processes.

Введение

Разнообразие явлений, которые можно наблюдать в контактных системах, включающих сорбционные материалы и растворы электролитов [1, С. 96], указывает на возможность в широких пределах направленно изменять свойства таких систем. Это составляет основу для повышения эффективности их практического применения, а также может служить целям разработки новых, нетрадиционных технологических процессов и новых методов исследования веществ. Посредством активации сорбции и повышения ее селективности удастся увеличивать производительность разделительных установок, применяемых в технологии или научном исследовании. Это равнозначно экономии сырья, снижению энергозатрат, сбережению рабочего времени, а значит, экономии финансовых средств. В аналитической химии высокоселективные сорбционные системы служат созданию сенсорных устройств, разработке эффективных методов концентрирования веществ, методов исследования состояния веществ в жидких средах и их реакционной способности. Особенно важная роль принадлежит сорбционным процессам в исследовании граничных слоев жидкостей и твердых веществ [2, С. 34], где нередко обнаруживаются свойства, малохарактерные для объемов этих фаз.

Основные результаты

Поведение ионов в системах сорбент - раствор электролита определяется особенностями их сольватации в объеме жидкой фазы [3, С. 66], сродством к сорбционным центрам, а также взаимодействием с молекулами растворителя в областях, прилегающих к этим центрам. При использовании смешанных растворителей последнее проявляется в существенном отличии соотношения компонентов смесей в гелевой фазе и во внешнем растворе [4, С. 5-15]. Но имеются основания судить о том, что и в растворах на основе индивидуальных жидкостей сольватационные свойства граничных слоев отличны от этих свойств в объеме раствора [5, С. 35]. Особенности взаимодействия в граничных слоях могут определяться как состоянием равновесий распределения ионов между фазами, так и интенсивность и направление переноса ионов, включая и перенос против градиента концентрации. Правомерно полагать, что процессы осаждения и растворения, комплексообразования, обмена ионов, электрохимические реакции и т. д. в граничных слоях следуют закономерностям, зачастую несвойственным для объемов жидких фаз. В литературе такая информация крайне ограничена. Сложны и не всегда доступны методы исследования граничных слоев. Поэтому полезны, на наш взгляд, эксперименты по изучению контактных систем с различной степенью развитости поверхности контакта и которые позволили бы оценивать (возможно, косвенно) эффекты селективной сольватации при протекании сорбционных, ионообменных и транспортных процессов. Варьирование свойств растворителя, растворенных веществ, природы матрицы и функциональных групп сорбентов при оценке набухания сорбентов, распределения растворенных веществ между фазами и интенсивности переноса заряда и массы в различных режимах позволяет сопоставить различные по характеру и интенсивности процессы, которые нередко определяются одними и теми же факторами. В этом плане особый интерес представляют смешанные водно-органические и органические растворители, т.к. в растворах на их основе предоставляется возможность в желаемых пределах изменять электростатическую, ковалентную и структурную составляющие сольватации и, следовательно, сравнивать эффекты этих составляющих в исследуемых ионных процессах.

Сорбция микроэлементов высокодисперсными кристаллическими сорбентами в режиме микроколоночной фронтальной хроматографии следует закономерностям, которые могут быть использованы в целях разработки теории и практики новых разновидностей титриметрической хроматографии, представляющих собой методы количественного анализа, пригодные для определения элементов в жидких средах в пределах концентраций 10^{-3} – 10^{-9} моль/дм³. В этом интервале концентраций, как показали наши исследования, существует функциональная связь между объемом подвижной фазы, прошедшей через микроколонку до появления окрашенной зоны, и концентрацией сорбируемого элемента. В последующем было установлено, что сходные закономерности имеют место и при сорбции микроэлементов на комплексобразующих сорбентах [6, С. 4], если продукты сорбции имеют достаточно интенсивную окраску.

При изучении закономерностей формирования окрашенных зон нами использовались хроматографические колонки и условия реализации сорбции микроэлементов, соответствующие экспериментам, описанным в наших публикациях [5, С. 34-39]. Объем подвижной фазы измерялся при помощи бюретки с ценой деления 0,02 см³. Индикация окрашенной зоны осуществлялась как визуально, так и фотометрически с применением специально сконструированной для этой цели ячейки.

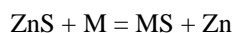
Характер зависимости между измеряемым объемом V и концентрацией микроэлемента в жидкой фазе C_m может быть оценен изучением логарифмической зависимости между этими величинами в виде вогнутых кривых. Зависимость логарифма объема от логарифма концентрации прямолинейна. Обе формы графиков мы можем рассматривать как градуировочные функции, обращение которых может быть использовано для определения концентраций сорбируемых компонентов.

Как следует из приведенных данных, зависимость между V и C_m соответствует уравнению:

$$\lg V = \lg V_0 - n \lg C_m, \quad (1)$$

где V_0 – объем подвижной фазы, отвечающий появлению сигнала при концентрации металла 1 моль/дм³, n – угловой коэффициент.

Уравнение (1) отражает физико-химическую сущность взаимодействия между сорбентом и металлом, находящимся в подвижной фазе. Сорбцию в данном случае можно рассматривать как результат обменной реакции между сульфидом цинка, иммобилизованным на носитель, и ионом металла, содержащемся в контактирующем растворе. В общем виде, исключая для упрощения знаки зарядов металлов, процесс обмена можно представить как:



Поскольку сульфид цинка представляет собой твердую фазу, т.е. находится в стандартном состоянии, а сорбируемый металл содержится в системе в микроколичестве, уравнение можно представить в форме:

$$\lg V = \lg V_0 + n \lg (a_{\text{ZnS}}/a_{\text{M}}), \quad (2)$$

где a_{ZnS} и a_{M} – активности сульфида цинка и сорбируемого металла.

Следовательно, процесс, протекающий в микроколонке, может быть охарактеризован с помощью уравнения, сходного с уравнением Гендерсона-Хассельбаха, используемым для описания протолитических процессов как в гомогенных, так и в гетерогенных системах, а также с уравнением Нернста, применяемым к процессам, сопровождающимся переносом электронов [7, С. 197]. Общность этих соотношений состоит в том, что измеряемая величина (рН среды, окислительно-восстановительный потенциал или количество сорбируемого элемента, т.е. величина пропорциональная объему) включает два слагаемых, одно из которых представляет константу, зависящую от природы взаимодействующих компонентов, второе – пропорционально логарифму отношения активностей этих компонентов. Коэффициент пропорциональности определяется как свойствами взаимодействующих частиц, так и средой. Таким образом, сорбционный процесс в исследуемых здесь системах можно рассматривать как химическую реакцию обмена катионов или как кислотно-основную реакцию в соответствии с теорией Льюиса-Пирсона.

В соответствии с изложенным выше очевидна целесообразность для оценки факторов, определяющих формирование хроматографических зон, использовать константы уравнения (2). Это согласуется с известными представлениями о влиянии равновесных характеристик на степень обострения сорбционного фронта в колонке [1], [2].

В качестве примеров в таблице 1 приведены значения $\lg V_0$ и n для водных растворов ряда исследуемых металлов. Эти данные получены на микроколонках с сорбентом С-ST в отсутствии фоновых электролитов в жидкой фазе.

Таблица 1– Константы уравнения (2) для водных растворов металлов

Исследуемый металл	$\lg V_0$	n
Hg (II)	-2,78	0,38
Cu (II)	-2,81	0,39
Pb (II)	-2,39	0,36
Ag (II)	-2,61	0,35
Bi (III)	-2,51	0,35
Sb (III)	-3,34	0,54

Однако, в плане общего рассмотрения следует отметить, что для практики аналитического рассматриваемых контактных систем низкие значения угловых коэффициентов в уравнении (2) скорее могут играть положительную роль, чем отрицательную, действительно, угловой коэффициент градуировочной функции является мерой

инструментальной чувствительности метода. В этом смысле низкие значения p нежелательны [8], [9]. Однако, значения порядка десятых долей единицы не обуславливают серьезных препятствий. Так, в уравнении Нернста предлогарифмический коэффициент имеет значение 0,058 и ниже, но это не снижает определяющим образом значение потенциометрии как метода анализа. Погрешности измерения объема по предлагаемому нами методу примерно такие же, как и погрешности измерения потенциала с помощью лабораторного иономера [10, С. 1641].

Заключение

В ходе проведенного исследования было описано большое число систем по необменному распределению электролитов между жидкой фазой и ионообменником, а также между расслаивающимися солевыми растворами. Полученные в работе данные могут служить основой для разработки различных вариантов мембранного разделения, методов исследования состояния ионов в жидких средах и гелях. Предложенный метод следового анализа используется для определения тяжелых металлов в природных и сточных водах. Системы с высокодисперсными сорбентами весьма эффективны для глубокого извлечения металлов из жидких сред, почв и других объектов.

Предложены методы исследования эффектов селективной сольватации в ионообменных и сопутствующих им процессах. Обобщено большое количество экспериментального материала по влиянию природы растворителя и фонового электролита на ионообменное равновесие, необменную сорбцию, комплексообразование, ионный транспорт в мембранах и хроматографические системы. Оценены возможности использования смешанных растворителей в целях оптимизации методов разделения, концентрирования и определения ионов.

Установлена общность закономерностей распределения компонентов водно-органических растворителей в системах ионообменник-раствор и расслаивающихся солевых растворах. Для обоих типов систем характерно доминирующее влияние структурных характеристик растворителей на сольватацию ионов, что находит отражение в наличии корреляции между теплотами смешения и количественным соотношением компонентов в контактирующих фазах, а также в особенностях температурной зависимости распределения компонентов между фазами.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Юркштович Т.Л. Лекарственные препараты на основе производных целлюлозы / Т.Л. Юркштович, Ф.Н. Капуцкий. Мн., 2009. – 112 с.
2. Комаров В.С. Структура и пористость адсорбентов и катализаторов / В.С. Комаров. Мн., 1988. – 288 с.
3. Цундель Г. Гидратация и межмолекулярное взаимодействие / Г. Цундель. М.: Мир, 2007. – 404 с.
4. Бойнович Л.Б. Фоновый механизм структурных сил в тонких жидких пленках / Л.Б. Бойнович, А.М. Емельяненко // Коллоидный журнал. – 2002. – Т. 54. – № 4. – С.5-15.
5. Козлова-Козыревская А.Л. Влияние фоновых электролитов на функционирование накопительно-индикаторных систем / А.Л. Козлова-Козыревская, Н.А. Санкевич // Вести БГУ, 2018. – С. 34-39.
6. Калинин А.И. Кинетика ионного обмена в селективных системах / А.И. Калинин, Т.Д. Семеновская, Е.В. Колотинская // Теория и практика сорбционных процессов. Воронеж, 1989. – №20. – С.4.
7. Абугоффа А.А. Формирование окрашенных хроматографических зон на целлюлозных сорбентах, модифицированных полярными осадками / А.А. Абугоффа. Канд. Дис. Минск, 1993. – 234 с.
8. Чарыков А.К. Селективность методик химического анализа и способы ее численной оценки / А.К. Чарыков // Журн. аналит. химии. 1984, Т. 39. – №9. – С.1708.
9. Акинчиц Е.А. Распределение компонентов смесей соль-кислота между ионитами и водно-органическими растворами / Е.А. Акинчиц, С.А. Мечковский // Вестн. Белорус. гос. ун-та, сер. 2, 2001. – № 2. – С. 3-12.
10. Кокотов Ю.А. О корреляции транспортных и термодинамических свойств растворов электролитов / Ю.А. Кокотов // Журн. физ. Химии. 2015. – Т.49. – №7. – С.1641.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Jurkshtovich T.L. Lekarstvennye preparaty na osnove proizvodnyh celljulozy [Medicinal Preparations Based on Cellulose Derivatives] / T.L. Jurkshtovich, F.N. Kapuckij. Mn., 2009. – p. 112 [in Russian]
2. Komarov V.S. Struktura i poristost' adsorbentov i katalizatorov [Structure and Porosity of Adsorbents and Catalysts] / V. S. Komarov. Mn., 1988. – p. 288 [in Russian]
3. Cundel' G. Gidratacija i mezhmolekuljarnoe vzaimodejstvie [Hydration and Intermolecular Interaction] / G. Cundel'. M.: Mir, 2007. – p. 404 [in Russian]
4. Bojnovich L.B. Fonovyj mehanizm strukturnyh sil v tonkih zhidkih plenках [Background Mechanism of Structural Forces in Thin Liquid Films] / L.B. Bojnovich, A.M. Emel'janenko // Kolloidnyj zhurnal [Colloidal Journal]. – 2002. – Vol. 54. – № 4. – pp. 5-15. [in Russian]
5. Kozlova-Kozyrevskaja A.L. Vlijanie fonovyh jelektrolitov na funkcionirovanie nakopitel'no-indikatornyh sistem [Influence of Background Electrolytes on the Functioning of Accumulative Indicator Systems] / A.L. Kozlova-Kozyrevskaja, N.A. Sankevich // Vesti BGU [Bulletin of the Belarusian State University], 2018.– pp. 34-39. [in Russian]
6. Kalinichev A.I. Kinetika ionnogo obmena v selektivnyh sistemah [Kinetics of Ion Exchange in Selective Systems] / A.I. Kalinichev, T.D. Semenovskaja, E.V. Kolotinskaja // Teorija i praktika sorbcionnyh processov. Voronezh, 1989. – №20. – p. 4. [in Russian]
7. Abugoffa A.A. Formirovanie okrashennyh hromatograficheskikh zon na celljuloznyh sorbentah, modificirovannyh poljarnymi osadkami [Formation of Colored Chromatographic Zones on Cellulose Sorbents Modified by Polar Precipitation]. Candidate's thesis / A. A. Abugoffa. Minsk, 1993. – p. 234 [in Russian]

8. Charykov A.K. Selektivnost' metodik himicheskogo analiza i sposoby ee chislennoj ocenki [Selectivity of Methods of Chemical Analysis and Methods of Its Numerical Evaluation] / A.K. Charykov // Zhurn. analit. himii [Journal of Analytical Chemistry]. 1984, Vol. 39. – №9. – p. 1708. [in Russian]
9. Akinchic E.A. Raspredelenie komponentov smesey sol'-kislota mezhdru ionitami i vodno-organicheskimi rastvorami [Distribution of Components of Salt-Acid Mixtures Between Ionites and Water-Organic Solutions] / E.A. Akinchic, S.A. Mechkovskij // Vestn. Belorus. gos. un-ta [Bulletin of the Belarusian State University], ser. 2, 2001. – № 2. – pp. 3-12. [in Russian]
10. Kokotov Ju.A. O korreljácii transportnyh i termodinamicheskikh svojstv rastvorov jelektrolitov [On the Correlation of Transport and Thermodynamic Properties of Electrolyte Solutions] / Ju. A. Kokotov // Zhurn. fiz. Himii [Journal of Physical Chemistry]. 2015. – Vol.49. – №7. – p. 1641. [in Russian]