

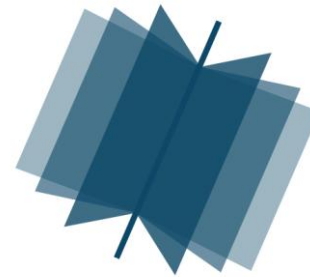
№ 10 (76) ▪ 2018
Часть 1 ▪ Октябрь

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ЖУРНАЛ**

INTERNATIONAL RESEARCH JOURNAL

**ISSN 2303-9868 PRINT
ISSN 2227-6017 ONLINE**

Екатеринбург
2018



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: 620075, г. Екатеринбург, ул.
Красноармейская, д. 4, корп. А, оф. 17.
Электронная почта: editors@research-journal.org
Сайт: www.research-journal.org
16+

**№ 10 (76) 2018
Часть 1
Октябрь**

Дата выхода 17.10.2018.
Подписано в печать 17.10.2018.
Тираж 900 экз.
Цена: бесплатно.
Заказ 28089.
Отпечатано с готового оригинал-макета.
Отпечатано в типографии ООО "Компания ПОЛИГРАФИСТ",
623701, г. Березовский, ул. Театральная, дом № 1, оф. 88.

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

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

Члены редколлегии:

Филологические науки:

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

Технические науки:

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

Педагогические науки:

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

Психологические науки:

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

Физико-математические науки:

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

Географические науки:

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

Биологические науки:

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

Архитектура:

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

Ветеринарные науки:

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

Медицинские науки:

Никольский В.И. д-р мед. наук, проф., Пензенский государственный университет (Пенза, Россия);
Ураков А.Л. д-р мед. наук, Ижевская Государственная 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.н. ОмГУ им. Ф.М. Достоевского (Омск, Россия).

Культурология:

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

Искусствоведение:

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

Философские науки:

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

Юридические науки:

Костенко Р.В. д-р юрид. наук, проф., Кубанский государственный аграрный университет (Краснодар, Россия);
Мазуренко А.П. д-р юрид. наук, Северо-Кавказский федеральный университет г. Пятигорске (Пятигорск, Россия);
Мещерякова О.М. д-р юрид. наук, Всероссийская академия внешней торговли (Москва, Россия);
Ершашев 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);
Компаний В.И. д-р с.-х. наук, проф., Кубанский государственный аграрный университет (Краснодар, Россия);
Никитин В.В. д-р с.-х. наук, Белгородский научно-исследовательский институт сельского хозяйства (Белгород, Россия);
Наумкин В.П. д-р с.-х. наук, проф., Орловский государственный аграрный университет.

Социологические науки:

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

Химические науки:

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

Науки о Земле:

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

Экономические науки:

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

Политические науки:

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

Фармацевтические науки:

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

ОГЛАВЛЕНИЕ

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ / PHYSICS AND MATHEMATICS

ОСОБЕННОСТИ НАНОСТРУКТУРНЫХ СОСТОЯНИЙ МЕХАНОСИНТЕЗИРОВАННЫХ ПОРОШКОВЫХ СТАЛЕЙ, ЛЕГИРОВАННЫХ CR И SI

Волков В.А., Елькин И.А., Чулкина А.А., Загайнов А.В. 7

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ МАТРИЦЫ УПРУГИХ СВОЙСТВ КУБИЧЕСКИХ КРИСТАЛЛОВ С ПОМОЩЬЮ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ГРАФИЧЕСКИХ ПАКЕТОВ

Муслов С.А., Корнеев А.А., Синицын А.А., Зайцева Н.В., Самосадная И.Л., Гавриленкова И.В., Перцов С.С. 15

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ / ENGINEERING

МИНИМИЗАЦИЯ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ СВИНОВОДЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Базыкин В.И., Трифанов А.В. 22

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ МЕТОДОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ВЫСОКОВЯЗКИХ НЕФТЕЙ И ПРИРОДНЫХ БИТУМОВ

Гатауллин Р.Н. 26

ОЦЕНКА СКОРОСТИ ГРАВИТАЦИИ ПРИ СОЛНЕЧНОМ ЗАТМЕНИИ 2018 ГОДА В МОСКВЕ

Гневко А. И., Мукомела М.В, Соловов С. Н., Шевченко В.И., Янушкевич В. А. 30

МИНИ-СПЕКТРОМЕТР ДЛЯ СМАРТФОНА

Даниловских М.Г., Винник Л.И., Стрещук В.А. 33

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ ЧАСТОТЫ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ МОДУЛЯЦИИ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТРЕХМЕРНОЙ ГЕОМЕТРИИ СЛОЖНОПРОФИЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ ФАЗОВОЙ ТРИАНГУЛЯЦИИ

Двойнишников С.В., Куликов Д.В., Садбаков О.Ю., Бакакин Г.В., Павлов В.А., Меледин В.Г. 38

ПОКАЗАТЕЛИ ЛИЧНОСТНОЙ ПРЕДИСПОЗИЦИИ К ИНСАЙДЕРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Поляничко М.А. 43

CALCULATION OF THE SHARE OF THE 3D PHASE IN THE MECHANOACTIVATED GRAPHITE BY THE SECOND ORDER OF THE RAMAN SPECTRUM

Chaika V.A.¹, Savin V.V., Savina L.A., Osadchy A.V., Rybin M.G. 47

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ / AGRICULTURAL SCIENCES

ИССЛЕДОВАНИЕ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ СТАРОВОЗРАСТНЫХ ПРИБАЛОЧНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЛОС «КАМЕННОЙ СТЕПИ»

Вахтин А.И., Вавин В.С. 52

ДОПОЛНЕНИЕ ШКАЛЫ САНИТАРНОГО СОСТОЯНИЯ ДЛЯ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ КАЗАХСКОГО МЕЛКОСОПОЧНИКА ПО ВНЕШНИМ ФАУТНЫМ ПРИЗНАКАМ

Вибе Е.П., Залесов С.В. 56

ВЛИЯНИЕ ПОСЛЕДЕЙСТВИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ

Гаврилова А.Ю., Понкратенкова И.В., Мерзлая Г.Е. 61

НЕКОТОРЫЕ ПОДХОДЫ К СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ ПОЛИМОРФНЫХ ИММУНОГЕНЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГРУПП КРОВИ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

Герасимова В.Е., Герасимова Л.А., Еремина И.Ю. 66

БИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КОРИЧНЕВО-МРАМОРНОГО КЛОПА И МЕРЫ БОРЬБЫ С НИМ

Игнатьева Т.Н., Кашутина Е.В., Слободянюк Г.А., Бугаева Л.Н. 70

ХОЛОДНАЯ ПАСТЕРИЗАЦИЯ РЫБНЫХ ПРЕСЕРВОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Кобялко В.О., Полякова И.В., Саруханов В.Я., Васильева Н.А., Морозова А.И., Лауринавичюс К.С.,
Дороничев Ф.В., Фролова Н.А., Губина О.А. 74

ФУНГИЦИДЫ ПРОТИВ КОМПЛЕКСА МИКРОМИЦЕТОВ НА СЕМЕНАХ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЦЕНТРАЛЬНО ЧЕРНОЗЕМНОГО РЕГИОНА

Лавринова В.А., Полунина Т.С., Гусев И.В. 81

ВЛИЯНИЕ ВОЗРАСТА НА НАРУШЕНИЯ ВОСПРОИЗВОДИТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ КОРОВ ГОЛШТИНСКОЙ ПОРОДЫ	
Ревина Г.Б., Асташенкова Л.И.	85
EXAMINE THE FEASIBILITY OF A MORE PRODUCTIVE WALNUT SEEDLINGS WALNUT FOR INDUSTRIAL PLANTS SOUTH	
Potaniin D.V., Sudak A.S.	85
ИСКУССТВЕННОЕ ВОСПРОИЗВОДСТВО АБОРИГЕННЫХ ПРОМЫСЛОВЫХ РЫБ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ ПОСРЕДСТВОМ МОБИЛЬНОГО ИНКУБАТОРА	
Туменов А.Н., Сариев Б.Т., Джапаров Р.Р., Шадьяров Т.М., Бакиев С.С.	91
О КРИТЕРИЯХ СЕЛЕКЦИИ НОВЫХ СОРТОВ КОХИИ ПРОСТЕРТОЙ	
Цаган-Манджиев Н. Л., Аркинчиев Д.В.	97
<hr/> ВЕТЕРИНАРНЫЕ НАУКИ / VETERINARY SCIENCE <hr/>	
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ИММУНОМОДУЛЯТОРА ПРИ ПРОФИЛАКТИКЕ ПГ-3 У ТЕЛЯТ	
Староселов М.А., Басова Н.Ю., Схатум А.К., Пачина В.В.	101
МОНИТОРИНГ ПАЗАРИТОФАУНЫ КРОЛИКОВ В СМОЛЕНСКОМ РАЙОНЕ СМОЛЕНСКОЙ ОБЛАСТИ, ЛЕЧЕНИЕ НАИБОЛЕЕ РАСПРОСТРАНЕННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ НОВЫМ ОТЕЧЕСТВЕННЫМ КОМПЛЕКСНЫМ ПРЕПАРАТОМ АПРУМВЕТ	
Мельникова М.Ю.	105
ПОДБОР ГЕНОВ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ SALMONELLA ENTERITIDIS	
Семина А.Н.	108
<hr/> ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ / GEOLOGY AND MINERALOGY <hr/>	
РЕДКИЕ МЕТАЛЛЫ В ТЕХНОГЕННО-ТРАНСФОРМИРОВАННЫХ ВОДАХ ЖИРЕКЕНСКОГО, ШАХТАМИНСКОГО И БУГДАЙНСКОГО МОЛИБДЕНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ (ВОСТОЧНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ)	
Чечель Л.П.	111

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.76.10.001>**ОСОБЕННОСТИ НАНОСТРУКТУРНЫХ СОСТОЯНИЙ МЕХАНОСИНТЕЗИРОВАННЫХ ПОРОШКОВЫХ СТАЛЕЙ, ЛЕГИРОВАННЫХ CR И SI**

Научная статья

Волков В.А.¹, Елкин И.А.^{2,*}, Чулкина А.А.³, Загайнов А.В.⁴^{1, 2, 3, 4} Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, Ижевск, Россия

* Корреспондирующий автор (ivan.a.elkin[at]gmail.com)

Аннотация

Исследовано влияние легирования элементами замещения (Cr, Si) на формирование наноструктур в порошковых нанокристаллических сталях на основе Fe-1мас. % С, полученных механосплавлением исходных порошков железа и графита. Исследования проводили методами рентгеновской дифракции и магнитной структуроскопии. В наноструктуре сталей углерод распределен между объемами нанозерен феррита и зернограницными сегрегациями. Концентрация углерода в феррите изменяется в пределах 0,2 – 0,37 ат. % в зависимости от легирования. Cr и Si повышают концентрацию углерода в феррите по сравнению с нелегированной сталью. Концентрация углерода в зернограницных сегрегациях изменяется в пределах $(1,1 - 1,7) \cdot 10^{-5}$ моль/м². Cr понижает концентрацию углерода в сегрегациях, Si – изменяет мало. Концентрация углерода в сегрегациях определяется, главным образом, размерами зерен и связанной с ними протяженностью границ, достигаемыми при механосплавлении.

Ключевые слова: наноструктура, механосплавление, сталь, феррит, зернограницная сегрегация, рентгеновская дифракция, легирующие элементы.

FEATURES OF NANOSTRUCTURAL STATES OF MECHANO-SYNTHESIZED POWDER STEELS ALLOYED BY CR AND SI

Research article

Volkov V.A.¹, Elkin I.A.^{2,*}, Chulkina A.A.³, Zagainov A.V.⁴^{1, 2, 3, 4} Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Izhevsk, Russia

* Correspondent author (ivan.a.elkin[at]gmail.com)

Abstract

The paper studies the influence of alloying elements of substitution (Cr, Si) on the formation of nanostructures in powder nanocrystalline steels based on Fe-1mas. of % C obtained by means of mechano-alloyage of the initial powders of iron and graphite. The study was carried out by X-ray diffraction and magnetic structuroscopy. Carbon is distributed between the volumes of ferrite nanograin and grain boundary segregations in the nanostructure of steels. The carbon concentration in the ferrite varies between 0.2 and 0.37 at. % depending on the alloyage. Cr and Si increase the concentration of carbon in the ferrite as compared to non-alloy steel. The carbon concentration in grain boundary segregations varies within the range $(1.1 - 1.7) \cdot 10^{-5}$ mol/m². Cr lowers the concentration of carbon in segregations, while Si causes little change. The concentration of carbon in segregations is determined mainly by the grain size and the associated extent of the boundaries obtained by mechano-alloyage.

Keywords: nanostructure, mechano-alloyage, steel, ferrite, grain boundary segregation, X-ray diffraction, alloying elements.

В настоящее время возможности традиционных способов упрочнения сталей, такие как твердорастворное или карбидное, во многом исчерпаны и ведется поиск новых механизмов упрочнения, в том числе, обусловленных наноструктурностью. Наноструктурное состояние металлов и сплавов достаточно легко достигается при помощи интенсивной пластической деформации (ИПД). Материалы в процессе ИПД претерпевают сложные дислокационные превращения, их хаотическая дислокационная структура постепенно превращается в субзеренную и далее в нанозеренную [1], [2]. В результате формируется неравновесная структура с наноразмерными кристаллитами, разделенными мало- или большеугловыми границами к которым прилегают искаженные зоны, насыщенные дефектами [3], [4], [5]. В результате ИПД за счет деформационных процессов происходит перераспределение легирующих элементов.

Формирование наноструктуры при ИПД сплавов Fe-C имеет свои особенности из-за высокой диффузионной подвижности углерода. Одной из разновидностей ИПД является механическое сплавление (МС). В работах [7], [8] наглядно показано, что МС сплавы, содержащие до 2 мас. % С, полученные механосплавлением порошков железа и графита, представляют собой нанозеренный феррит с концентрацией С порядка 0,4 ат. %, по границам зерен которого располагаются сегрегации углерода с концентрацией 6 – 8 ат. %. Ширина зернограницных сегрегаций составляла порядка 2 – 3 нм. Образцы с содержанием углерода более 13 ат. % дополнительно содержали цементит и аморфную фазу. Размер зерна после механосплавления составлял от 6 до 11 нм, плотность дислокаций достигала величины $4 \cdot 10^{16}$ 1/м², что близко к предельному значению для α -Fe [8]. Большое количество работ, связанных с формированием нанозеренной структуры в сплавах Fe-C, проведено на патентованных проволоках, содержащих 0,8 – 1 мас. % углерода [12], [13], [14], [15]. Показано, что в процессе волочения разрушается исходная ламеллярная структура тонкопластинчатого перлита проволоки. Цементит в значительной степени растворяется и формируется нанозеренная структура феррита с размерами зерен порядка 10 нм. Углерод, освободившийся в результате распада цементита,

образует сегрегации шириной несколько нм в межзеренных областях. Такая структура материалов позволяет добиваться в них предела прочности до 7 ГПа [14], [15].

Несмотря на наличие работ по получению и исследованию наноструктурных порошковых углеродистых сталей, до настоящего дня не проводилось систематических исследований по влиянию легирования на особенности их нанозеренной структуры. Данная работа посвящена исследованию влияния легирования элементами замещения (Cr, Si) на закономерности формирования наноструктур в порошковых нанокристаллических сталях, полученных помолотом в шаровой планетарной мельнице.

В качестве объектов исследования в настоящей работе выбраны модельные порошковые МС стали на основе состава Fe – 1 мас. % C, легированные Cr или Si. Состав сплавов приведен в табл. 1. Сплавы получали механосплавлением в течение 18 часов в шаровой планетарной мельнице Fritsch Pulverisette-7 (энергонапряженность 2,1 Вт/г). Материал сосудов и мелющих тел – сталь ШХ15. Масса загружаемого порошка 10 г, соотношение между массой измельчаемого порошка и массой шаров 1:10. В качестве исходных компонентов для механосплавления использовали порошки α -Fe чистотой (99,98 %), Si (99,99 %), Cr (99,9 %), графита (99,99 %). Размер частиц порошков не превышал 300 мкм.

Структурное состояние и фазовый состав образцов исследовали методами рентгеновской дифракции (дифрактометр ДРОН-3, монохроматизированное излучение Cu-K α). Съемку рентгенограмм проводили с шагом 0,05 град. и экспозицией в точке 24 с, обработку полученных рентгенограмм осуществляли при помощи программы SMWP [16]. Температурные интервалы фазовых превращений определяли по измерениям температурных зависимостей магнитной восприимчивости.

Исследование структуры модельных порошковых механосинтезированных сталей проводили на основе анализа рентгеновских дифрактограмм. Дифрактограммы, полученные от нанокристаллических сталей после МС, содержали только сильно уширенные линии ОЦК железа.

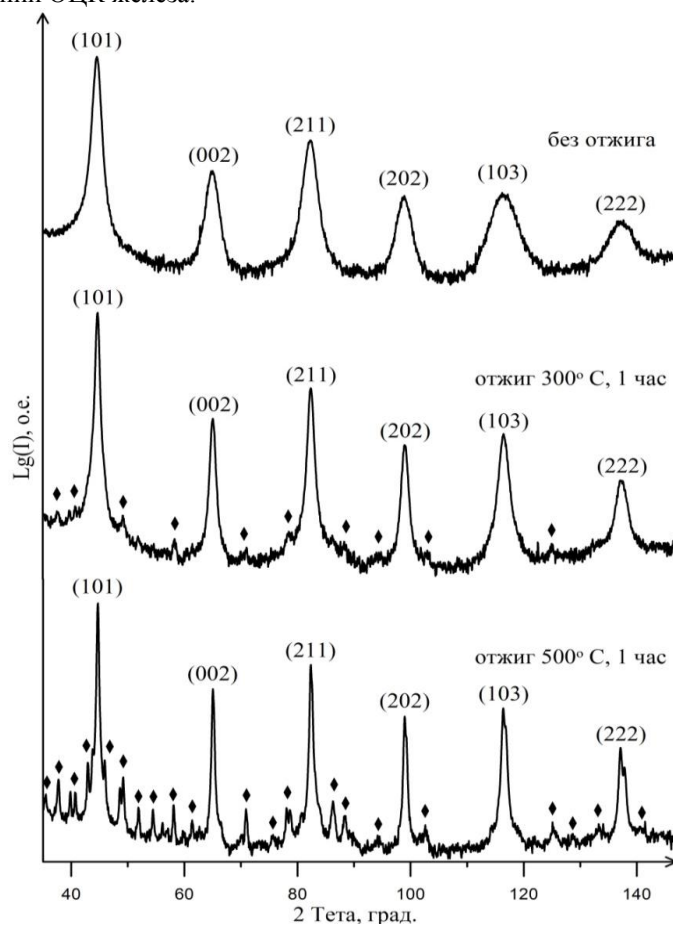


Рис. 1 – Дифрактограммы стали Fe_{95,5}C_{4,5} после МС и отжигов

Примечание: интенсивность представлена в логарифмическом масштабе. Индексами (hkl) отмечены дифракционные пики α -Fe, ромбами – Fe₃C. (Излучение Cu K α)

После отжигов происходило уменьшение ширины дифракционных пиков железа, вызванное увеличением размера зерен и уменьшением искажений кристаллической решетки. Начиная с температур отжига 300–400°C обнаруживались дополнительные дифракционные пики, появление которых связано с образованием карбида Fe₃C (рис. 1). Образование ϵ - или χ -карбидов, которые характерны для близких по составу массивных сталей после низкого или среднего отпуска мартенсита, не наблюдали.

На рис. 2 приведены графики для МС стали Fe_{95,5}C_{4,5}, отражающие изменение относительной магнитной восприимчивости при нагревах со скоростью 30 град./мин до температур 200, 300, 400°C.

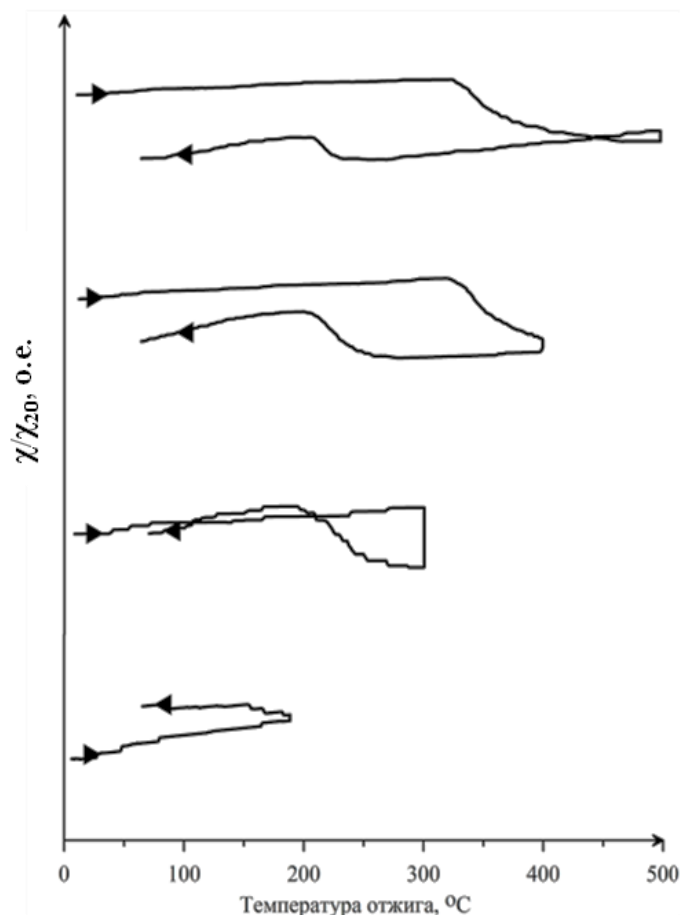


Рис. 2 – Графики температурной зависимости относительной магнитной восприимчивости χ/χ_{20} стали $\text{Fe}_{95.5}\text{C}_{4.5}$, снятые в режиме нагрева (>) и охлаждения (<)

В верхней точке нагрева образцы выдерживались в течение 1 ч, после чего охлаждались с регистрацией изменения восприимчивости. При анализе графика, полученного при нагреве до 400°C видно, что кривая нагрева состоит из плавного возрастающего участка в интервале температур 20 – 320°C и следующего за ним перегиба с резким снижением восприимчивости. Монотонное изменение восприимчивости на пологом участке соответствует изменениям состояния наноструктурного феррита сплава, вызванным нагревом. Перегиб в области температуры 320°C связан с образованием в сплаве цементита. Образование цементита подтверждается наличием перегиба, вызванного переходом через его температуру Кюри (210°C) на кривой охлаждения.

Из рис. 2 видно, что цементит также образуется после нагрева до 300°C выдержки при этой температуре. После нагрева до 200°C магнитная восприимчивость МС стали не уменьшается, из чего следует, что в результате выдержки при этой температуре цементит еще не образуется. Температурные зависимости магнитной восприимчивости легированных сталей в основных чертах повторяют аналогичные кривые для стали $\text{Fe}_{95.5}\text{C}_{4.5}$.

На рис. 3а, в качестве примера приведены графики температурной зависимости магнитной восприимчивости для МС стали $\text{Fe}_{90.5}\text{Cr}_{5}\text{C}_{4.5}$. Легирование Cr в количестве 3 и 5 ат. % повышает температуру начала образования цементита при непрерывном нагреве примерно до 350°C, а для сплава легированного 9 ат. % Cr – выше 400°C. Образование цементита после часового отжига происходит в сплавах с 3 и 5 ат. % Cr при 400°C и при 500°C для сплава, легированного 9 ат. % Cr. Это на 100 и 200 градусов выше по сравнению с МС сплавом $\text{Fe}_{95.5}\text{C}_{4.5}$. Легирование 5 ат. % Cr приводит к снижению T_K цементита до температур близких к 100°C, а для сплава с 9 ат. % Cr – ниже комнатной температуры.

На рисунке 3б приведен график температурной зависимости магнитной восприимчивости для МС сплава $\text{Fe}_{92.5}\text{Si}_{5}\text{C}_{4.5}$. Легирование кремнием повышает температуру начала образования цементита при непрерывном нагреве еще эффективнее, чем легирование хромом. В МС стали, легированной 5 ат. % Si, эта температура близка к 420°C. Для сплава $\text{Fe}_{92.5}\text{Si}_{5}\text{C}_{4.5}$ образование цементита не происходит после часового отжига при 200 и 300°C и наблюдается только после отжига при 400°C. Температура Кюри цементита мало изменяется по сравнению со сплавом состава $\text{Fe}_{95.5}\text{C}_{4.5}$.

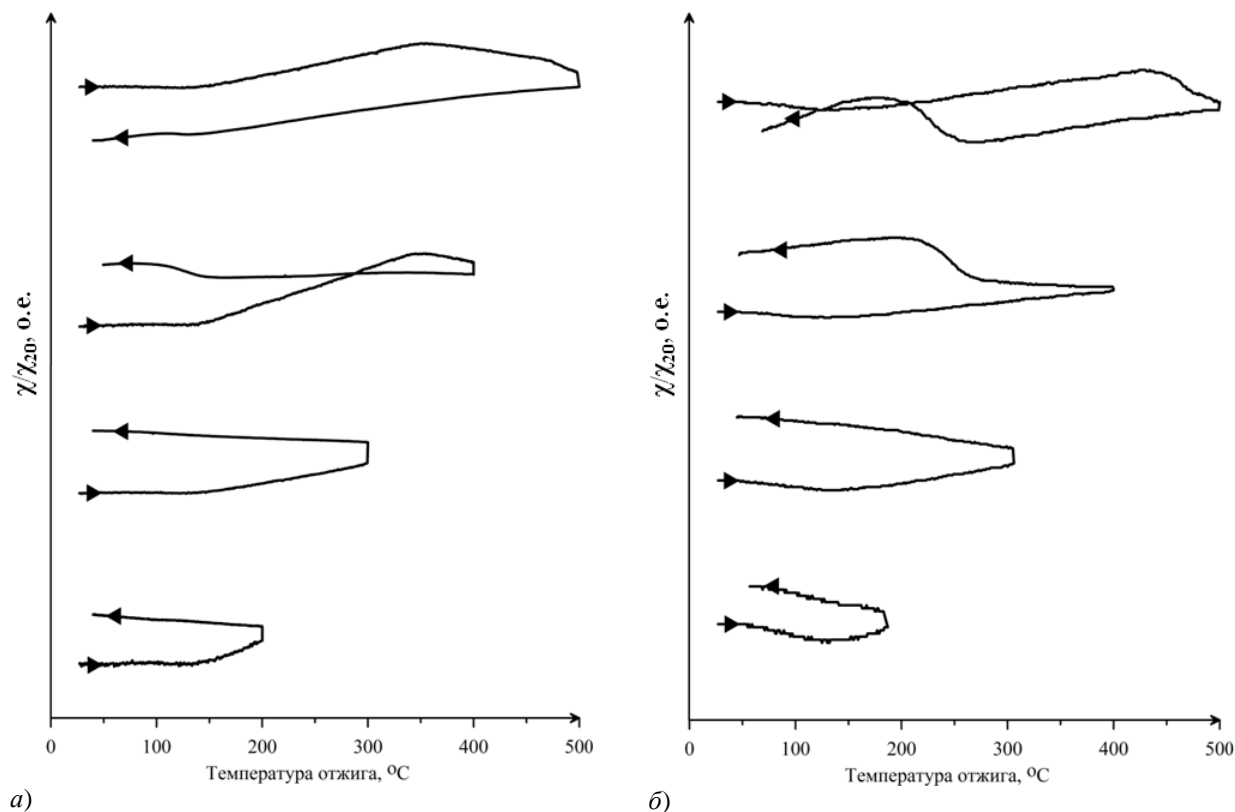


Рис. 3 – Графики температурной зависимости относительной магнитной восприимчивости χ/χ_{20} МС сталей легированных Cr и Si, снятые в режиме нагрева (>) и охлаждения (<):
(а) – $\text{Fe}_{90,5}\text{Cr}_5\text{C}_{4,5}$, (б) – $\text{Fe}_{92,5}\text{Si}_5\text{C}_{4,5}$

Данные по температурным зависимостям магнитной восприимчивости согласуются с данными рентгенофазового анализа и находятся в соответствии с моделью нанокристаллической структуры МС сплавов Fe-C с содержанием углерода до 2 мас. %. Согласно этой модели, полученной по результату прямых наблюдений [8], [18], углерод в МС сталях распределяется между объемом ферритных зерен и зернограницными сегрегациями.

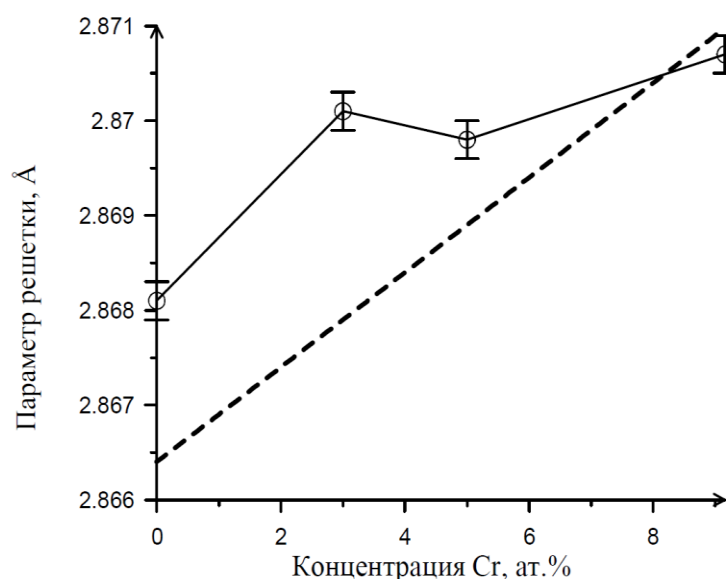
По положению рентгеновских дифракционных линий определяли параметр решетки феррита сталей. Параметр решетки является важной структурно чувствительной характеристикой материалов. По его изменению можно судить о процессах, протекающих в веществе. В рассматриваемых сплавах значение параметра может меняться из-за растворения в решетке феррита углерода и легирующих элементов. Углерод является элементом внедрения. Он имеет очень низкую равновесную растворимость в решетке феррита [17], однако, в неравновесных условиях растворимость может существенно повышаться. Так в мартенсите закаленных сталей содержится до 2 мас. % (9 ат. %) углерода, в феррите сплавов, полученных интенсивной пластической деформацией, по разным данным может содержаться от 0 до 2 ат. % углерода [8], [18]. Углерод при образовании твердого раствора увеличивает параметр решетки феррита на 0,0083 Å в расчете на 1 ат. % C [19]. По разнице параметров решетки феррита в стали $\text{Fe}_{95,5}\text{C}_{4,5}$ после МС (2,8681 Å) и чистого железа (2,8664 Å) можно определить концентрацию C в феррите МС стали. Разница значений параметра составила $\Delta a = (0,0017 \pm 0,0002)$ Å, что соответствует концентрации углерода $(0,2 \pm 0,02)$ ат. %.

Поскольку при уменьшении размеров зерен площадь границ пропорционально увеличивается, растет и емкость сегрегаций. Увеличивается количество углерода, которое может поместиться в сегрегациях, либо, при ограниченном количестве углерода, уменьшается его концентрация в сегрегациях. Это приводит к тому, что после механосплавления устанавливаются некоторые значения концентраций углерода в объемах зерен и в сегрегациях. Для определения концентрации углерода в зернограницных сегрегациях необходимо знать общую концентрацию C в стали, концентрацию C в феррите и размеры зерен. Знание размеров зерен позволяет определить удельную площадь границ. Углерод, не растворившийся в объеме ферритных зерен, распределен в зернограницных сегрегациях. Поэтому, определив долю углерода, находящегося в феррите, можно определить долю углерода, приходящегося в сегрегациях, а затем, и концентрацию углерода в сегрегациях (количество углерода на единицу площади границы моль/м²). Размеры зерен феррита, определяли по уширению дифракционных линий.

Таблица 1 – Химические составы механосинтезированных сталей и размеры зерен феррита, определенные из уширения дифракционных линий

Составы МС сталей	$d \pm 0,2$, нм
a-Fe	18,9
Fe _{95,5} C _{4,5}	4,3
Fe _{92,5} Cr ₃ C _{4,5}	3,9
Fe _{90,5} Cr ₅ C _{4,5}	4,3
Fe _{86,5} Cr ₉ C _{4,5}	4,3
Fe ₉₅ Cr ₅	9,4
Fe _{92,5} Si ₃ C _{4,5}	4,7
Fe _{90,5} Si ₅ C _{4,5}	4,3
Fe _{86,5} Si ₉ C _{4,5}	4,4

Данные по размерам зерен феррита сталей после МС приведены в табл. 1. В МС стали Fe_{95,5}C_{4,5} размер зерен составил (4,5±0,2) нм. Это примерно в четыре раза меньше размера зерен в чистом железе, достигаемого в тех же условиях. Легирование железа одним только хромом в этом отношении намного менее эффективно. Размер зерна уменьшается только в 2 раза (табл.1). Легирование углеродистой стали Cr или Si практически не уменьшает размеры зерен по сравнению с нелегированной сталью. В [8] было проведено сопоставление результатов определения размеров зерен в нанокристаллических сталях, полученных МС методами электронной микроскопии и анализа уширений рентгеновских дифракционных линий с использованием программы CMWP, которая использовалась и в нашей работе. Было показано, что размеры зерен, определенные по уширению линий, меньше примерно на 1,5 нм размеров зерен, определенных методом электронной микроскопии. Это связано с особенностями формирования рентгеновских дифракционных рефлексов. Поскольку метод электронной микроскопии является более прямым необходимо делать поправку на эту величину также для размеров зерен, представленных в табл. 1. Таким образом, действительным размером зерна в МС стали Fe_{95,5}C_{4,5} будем считать 6 нм. Расчет концентрации углерода (Г) в пограничных сегрегациях для стали Fe_{95,5}C_{4,5} приводит к значению $\Gamma = 1,25 \cdot 10^{-5}$ моль/м². Это значение близко к полученному в [8] $\Gamma = 1,3 \cdot 10^{-5}$ моль/м² для сплава близкого состава.

Рис. 4 – Зависимость параметра решетки феррита от концентрации Cr в сталях (Fe,Cr)_{95,5}C_{4,5} после МС. Пунктирный график соответствует сплавам Fe-Cr (базовая линия)

На рис. 4 приведен график изменения параметра решетки феррита сталей (Fe,Cr)_{95,5}C_{4,5} в зависимости от содержания Cr (0; 3; 5; 9 ат.%). Концентрация C в феррите сталей после МС, определенная по разнице значений параметра для МС сталей и значений параметра для твердых растворов Fe-Cr с той же концентрацией Cr составила: 0,25; 0,10 и – 0,07 ат. % C. Из этих результатов видно, что легирование 3 ат. % Cr приводит к небольшому повышению концентрации C в феррите МС стали по сравнению со сталью Fe_{95,5}C_{4,5}. Уменьшение разницы значений параметра решетки для МС сталей по отношению к базовой линии, при увеличении концентрации Cr, можно связать с образованием в процессе МС некоторого количества цементита. Так, следовые количества цементита обнаруживались в нелегированных МС сталях при наблюдении в электронный микроскоп [10]. Поскольку Cr увеличивает склонность к образованию цементита, его количество в МС сталях может увеличиваться с увеличением содержания Cr, оставаясь при этом за пределами обнаружения рентгенофазовым анализом. Образование цементита обедняет феррит не только углеродом, но и хромом, поэтому параметр решетки стали легированной 9 ат. % Cr оказывается ниже по сравнению с базовой линией. Образование цементита в высокохромистых МС сталях не позволяет проводить оценку распределения C между ферритом и сегрегациями, поэтому такую оценку проводили только для стали легированной 3 ат. % Cr. Легирование сталей Cr приводит к небольшому уменьшению размеров зерен в МС состоянии по отношению к двойной углеродистой стали (табл. 1). Для сплава, содержащего 3 ат. % Cr размер зерна оказался равен 3,9 нм (с поправкой 5,4 нм). Расчетная

концентрация С на границах зерен феррита МС стали $(\text{Fe}_{0,97}\text{Cr}_{0,03})_{95,5}\text{C}_{4,5}$ составила $1,1 \cdot 10^{-5}$ моль/м². Полученное значение несколько меньше по сравнению с концентрацией углерода в сегрегациях стали $\text{Fe}_{95,5}\text{C}_{4,5}$.

На рис. 5 представлены графики зависимости параметра решетки феррита сталей $(\text{Fe},\text{Si})_{95,5}\text{C}_{4,5}$ в зависимости от содержания Si. Si увеличивает термодинамический потенциал атомов С в феррите и препятствует образованию цементита при отпуске мартенсита в сталях, поскольку растворение Si в цементите увеличивает его энергию. Наклон базовой линии, соответствующий изменению параметра решетки твердого раствора Fe-Si, отрицательный. График для МС сталей легированных Si описывается прямой линией, наклон которой также отрицательный и несколько меньше наклона базовой линии. Поскольку кремний имеет растворимость в железе, намного превышающую использованные концентрации [17], изменение наклона графика для МС сталей относительно базовой линии можно связать с увеличением концентрации растворенного в феррите С по мере увеличения концентрации Si в сплавах. Из разницы значений параметра для МС стали, содержащей 9 ат. % Si и для твердого раствора Fe-Si с тем же содержанием кремния ($\Delta a = 0,0031$ Å), получили концентрацию С в феррите кремнистой стали $(0,37 \pm 0,02)$ ат. %. Это в 1,5 раза больше по сравнению с 0,2 ат. % С, полученным для стали $\text{Fe}_{95,5}\text{C}_{4,5}$.

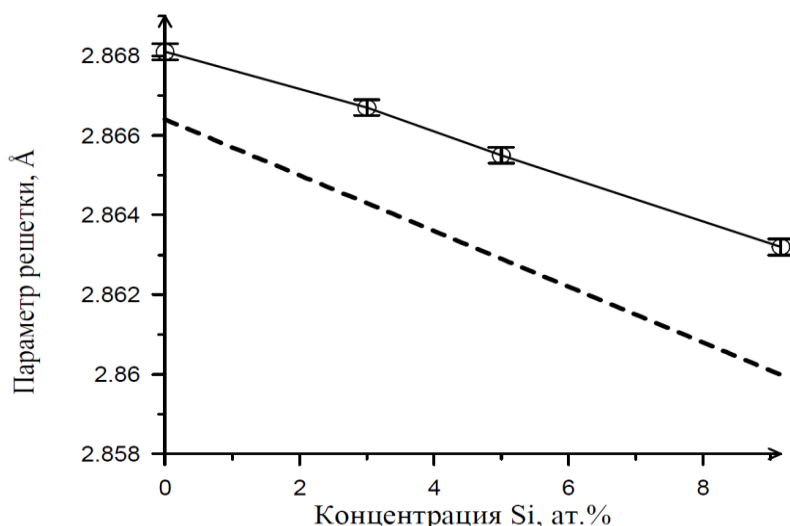


Рис. 5 – Зависимость параметра решетки феррита от концентрации Si в стали $(\text{Fe},\text{Si})_{95,5}\text{C}_{4,5}$ после МС. Пунктирный график соответствует сплавам Fe-Si (базовая линия)

Размеры зерен феррита сталей содержащих 3, 5 и 9 ат. % Si составили 4,7; 4,3 и 4,4 нм (с поправкой 6,2; 5,8; 5,9 нм). Исходя из размеров зерен и содержания в них С, определили концентрацию С в сегрегациях, которая для всех сталей составила $1,2 \cdot 10^{-5}$ моль/м², что немного меньше концентрации полученной для нелегированной стали ($\Gamma = 1,25 \cdot 10^{-5}$ моль/м²).

В механосинтезированных нанокристаллических нелегированных и легированных Cr и Si сталях не образуется заметного количества цементита (за исключением сталей с высоким содержанием Cr). Углерод распределяется между ферритом и зернограницными сегрегациями. Основная часть углерода (более 90 %) помещается в сегрегациях. Сегрегации углерода эффективно уменьшают энергию границ. Поэтому введение в сплавы углерода способствует образованию новых границ и намного эффективнее уменьшает размер зерна механосинтезированных сплавов по сравнению с Cr или Si. Концентрация углерода в зернограницных сегрегациях определяется, главным образом, содержанием углерода в стали и размерами зерен достигаемых при МС. Меньшему размеру зерна соответствует большая площадь границ и углерод, не вошедший в состав феррита, распределяется по этой площади. Легирование механосинтезированных сталей Cr и Si приводит к небольшому повышению концентрации углерода в феррите и уменьшению его концентрации в зернограницных сегрегациях. Легирование механосинтезированных сталей Cr и Si увеличивает термическую устойчивость наноструктурного состояния на основе ферритных зерен и зернограницных сегрегаций углерода.

Финансирование

Работа проводилась в рамках госзадания, тема № АААА-А17-117022250038-7 и Программы УрО РАН, проект No 18-10-2-21.

Funding

The work was carried out within the framework of the state task, theme No. АААА-А17-117022250038-7 and Program UrB RAS, project No. 18-10-2-21.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Конева Н.А. Накопление дефектов при пластической деформации поликристаллов с размерами зерен мезо и микроуровня / Н.А. Конева, Л.И. Тришкина, Н.А. Попова и др. // Известия высших учебных заведений. Физика. - 2014. - Т. 57. - № 2. - С. 45-53.
2. Конева Н.А. Классификация, эволюция и самоорганизация дислокационных структур в металлах и сплавах / Н.А. Конева // Соросовский образовательный журнал. - 1996. - № 6. - С. 99-107.

3. Елсуков Е.П. Мёссбауэровские и магнитные исследования нанокристаллического железа, полученного механическим измельчением в аргоне / Е.П. Елсуков, Г.А. Дорофеев, А.И. Ульянов и др. // Физика металлов и металловедение. - 2001. - Т. 91. - № 3. - С. 46-53.
4. Валиев Р.З. Создание наноструктурных металлов и сплавов с уникальными свойствами, используя интенсивные пластические деформации / Р.З. Валиев // Российские нанотехнологии. - 2006. - Т. 1. - № 1-2. - С. 208-216.
5. Valiev R.Z. Structure and properties of ultrafine-grained materials produced by severe plastic deformation / R.Z. Valiev, A.V. Korznikov, R.R. Mulyukov // Materials Science and Engineering A. - 1993. - V. 168. - P. 141-148.
6. Елсуков Е.П. Механически сплавленные порошки Fe(100-x)C(x); x = 5-25 ат. %. I. Структура, фазовый состав и температурная стабильность / Е.П. Елсуков, Г.А. Дорофеев, В.М. Фомин и др. // Физика металлов и металловедение. - 2002. - Т. 94. - № 4. - С. 43-54.
7. Hidaka H. Ultra grain refining of steels and dissolution capacity of cementite by super-heavy deformation / H. Hidaka, Y. Kimura, S. Takaki // Tetsu-to-Hagane. - 1999 - V. 85 - № 1. - P. 52-58.
8. Chen Y.Z. Nanocrystalline Fe-C alloys produced by ball milling of iron and graphite / Y.Z. Chen, A. Herz, Y.J. Li and others // Acta Materialia. - 2013. - V. 61. - № 9. - P. 3172-3185.
9. Ohsaki S. Characterization of nanocrystalline ferrite produced by mechanical milling of pearlitic steel / S. Ohsaki, K. Hono, H. Hidaka and others // Scripta Materialia. - 2005. - V. 52. - № 4. - P. 271-276.
10. Borchers C. Nanocrystalline steel obtained by mechanical alloying of iron and graphite subsequently compacted by high-pressure torsion / C. Borchers, C. Garve, M. Tiegel and others // Acta Materialia. - 2015. - V. 97. - P. 207-215.
11. Дорофеев Г.А. Деформационно-индуцированные структурно-фазовые превращения в нанокompозитах железо-цементит / Г.А. Дорофеев, Е.П. Елсуков, А.И. Ульянов // Известия РАН. Серия физическая. - 2005. - Т. 69. - № 10. - С. 1465-1469.
12. Sauvage X. The role of carbon segregation on nanocrystallisation of pearlitic steels processed by severe plastic deformation / X. Sauvage, Y. Ivanisenko // Journal of Materials Science. - 2007. - V. 42. - № 5. - P. 1615-1621.
13. Li Y.J. Atomic-scale mechanisms of deformation-induced cementite decomposition in pearlite / Y.J. Li, P. Choi, C. Borchers and others // Acta Materialia. - 2011. - V. 59. - № 10. - P. 3965-3977.
14. Li Y.J. Evolution of strength and microstructure during annealing of heavily cold-drawn 6.3 GPa hypereutectoid pearlitic steel wire / Y.J. Li, P. Choi, S. Goto and others // Acta Materialia. - 2012. - V. 60. - № 9. - P. 4005-4016.
15. Li Y. Segregation stabilizes nanocrystalline bulk steel with near theoretical strength / Y. Li, D. Raabe, M. Herbig and others // Physical review letters. - 2014. - V. 113. - № 10. - P. 106104(1-5).
16. Ribarik G. MWP-fit: a program for multiple whole-profile fitting of diffraction peak profiles by ab initio theoretical functions / G. Ribarik, T. Ungar, J. Gubicza // Journal of Applied Crystallography. - 2001. - V. 34. - № 5. - P. 669-676.
17. Диаграммы состояния двойных и многокомпонентных систем на основе железа : Справочное издание / под ред. О.А. Банных. М. : Металлургия, 1986. 440 с.
18. Shabashov V. A. Deformation – induced phase transformation in a high-carbon steel / V.A. Shabashov, L.G. Korshunov, A. G. Mukoseev and others // Materials Science and Engineering A. - 2003. - V. 346. - P. 196-207.
19. Fasiska E. J. Dilation of alpha iron by carbon / E. J. Fasiska, H. Wagenblast // Transactions of the Metallurgical Society of AIME. - 1967. - V. 239. - № 11. - P. 1818-1820.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Koneva N.A. Nakopleniye defektov pri plasticheskoy deformatsii polikristallov s razmerami zeren mezo i mikrourovnya [Accumulation of defects during plastic deformation of polycrystals with meso- and microlevel grain sizes] / N.A. Koneva, L.I. Trishkina, N.A. Popova and others // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Fizika [News of Higher Educational Institutions. Physics]. - 2014. - V. 57. - № 2. - P. 45-53. [in Russian]
2. Koneva N.A. Klassifikatsiya, evolyutsiya i samoorganizatsiya dislokatsionnykh struktur v metallakh i splavakh [Classification, evolution and self-organization of dislocation structures in metals and alloys] / N.A. Koneva // Sorosovskiy obrazovatel'nyy zhurnal [Soros Educational Journal]. - 1996. - № 6. - P. 99-107. [in Russian]
3. Yelsukov Ye.P. Mossbauerovskiye i magnitnyye issledovaniya nanokristallicheskogo zheleza, poluchennogo mekhanicheskim izmel'cheniyem v argone [Mössbauer and magnetic investigations of nanocrystalline iron obtained by mechanical grinding in argon] / Ye.P. Yelsukov, G.A. Dorofeyev, A.I. Ul'yanov and others // Fizika metallov i metallovedeniye [Physics of Metals and Metallography]. - 2001. - V. 91. - № 3. - P. 46-53. [in Russian]
4. Valiev R.Z. Sozdaniye nanostrukturnykh metallov i splavov s unikal'nymi svoystvami, ispol'zuya intensivnyye plasticheskiye deformatsii [The creation of nanostructured metals and alloys with unique properties, using intense plastic deformation] / R.Z. Valiev // Rossiyskiye nanotekhnologii [Russian nanotechnologies]. - 2006. - V. 1. - № 1-2. - P. 208-216. [in Russian]
5. Valiev R.Z. Structure and properties of ultrafine-grained materials produced by severe plastic deformation / R.Z. Valiev, A.V. Korznikov, R.R. Mulyukov // Materials Science and Engineering A. - 1993. - V. 168. - P. 141-148.
6. Yelsukov Ye.P. Mekhanicheski splavlennyye poroshki Fe(100-x)C(x); x = 5-25 ат. %. I. Struktura, fazovyy sostav i temperaturnaya stabil'nost' [Mechanically alloyed powders Fe (100-x) C (x); x = 5-25 ат. %. I. Structure, phase composition and temperature stability] / Ye.P. Yelsukov, G.A. Dorofeyev, V.M. Fomin and others // Fizika metallov i metallovedeniye [Physics of Metals and Metallography]. - 2002. - V. 94. - № 4. - P. 43-54. [in Russian]
7. Hidaka H. Ultra grain refining of steels and dissolution capacity of cementite by super-heavy deformation / H. Hidaka, Y. Kimura, S. Takaki // Tetsu-to-Hagane. - 1999 - V. 85 - № 1. - P. 52-58.
8. Chen Y.Z. Nanocrystalline Fe-C alloys produced by ball milling of iron and graphite / Y.Z. Chen, A. Herz, Y.J. Li and others // Acta Materialia. - 2013. - V. 61. - № 9. - P. 3172-3185.
9. Ohsaki S. Characterization of nanocrystalline ferrite produced by mechanical milling of pearlitic steel / S. Ohsaki, K. Hono, H. Hidaka and others // Scripta Materialia. - 2005. - V. 52. - № 4. - P. 271-276.

10. Borchers C. Nanocrystalline steel obtained by mechanical alloying of iron and graphite subsequently compacted by high-pressure torsion / C. Borchers, C. Garve, M. Tiegel and others // *Acta Materialia*. – 2015. - V. 97. - P. 207-215.
11. Dorofeyev G.A. Deformatsionno-indutsirovannyye strukturno-fazovyye prevrashcheniya v nanokompozitakh zhelezotsementit [Deformation-induced structural-phase transformations in iron-cementite nanocomposites] / G.A. Dorofeyev, Ye.P. Yelsukov, A.L. Ul'yanov // *Izvestiya RAN. Seriya fizicheskaya* [Proceedings of the Russian Academy of Sciences. The series is physical]. - 2005. - V. 69. - № 10. - P. 1465-1469. [in Russian]
12. Sauvage X. The role of carbon segregation on nanocrystallisation of pearlitic steels processed by severe plastic deformation / X. Sauvage, Y. Ivanisenko // *Journal of Materials Science*. – 2007. - V. 42. - № 5. - P. 1615-1621.
13. Li Y.J. Atomic-scale mechanisms of deformation-induced cementite decomposition in pearlite / Y.J. Li, P. Choi, C. Borchers and others // *Acta Materialia*. – 2011. - V. 59. - № 10. - P. 3965-3977.
14. Li Y.J. Evolution of strength and microstructure during annealing of heavily cold-drawn 6.3 GPa hypereutectoid pearlitic steel wire / Y.J. Li, P. Choi, S. Goto and others // *Acta Materialia*. – 2012. - V. 60. - № 9. - P. 4005-4016.
15. Li Y. Segregation stabilizes nanocrystalline bulk steel with near theoretical strength / Y. Li, D. Raabe, M. Herbig and others // *Physical review letters*. – 2014. - V. 113. - № 10. - P. 106104(1-5).
16. Ribarik G. MWP-fit: a program for multiple whole-profile fitting of diffraction peak profiles by ab initio theoretical functions / G. Ribarik, T. Ungar, J. Gubicza // *Journal of Applied Crystallography*. – 2001. - V. 34. - № 5. - P. 669-676.
17. Diagrammy sostoyaniya dvoynykh i mnogokomponentnykh sistem na osnove zheleza: Spravochnoye izdaniye [Diagrams of the state of double and multicomponent systems based on iron: Reference Edition] / Ed. O.A. Bannykh. M. : Metallurgiya [Metallurgy], 1986. 440 p. [in Russian]
18. Shabashov V. A. Vildanova V. P. Deformation – induced phase transformation in a high-carbon steel / V. A. Shabashov, L. G. Korshunov, A. G. Mukoseev and others // *Materials Science and Engineering A*. – 2003. - V. 346. - P. 196-207.
19. Fasiska E. J. Dilation of alpha iron by carbon / E. J. Fasiska, H. Wagenblast // *Transactions of the Metallurgical Society of AIME*. – 1967. - V. 239. - № 11. - P. 1818-1820.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.76.10.002>**ВИЗУАЛИЗАЦИЯ МАТРИЦЫ УПРУГИХ СВОЙСТВ КУБИЧЕСКИХ КРИСТАЛЛОВ С ПОМОЩЬЮ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ГРАФИЧЕСКИХ ПАКЕТОВ**

Научная статья

Муслов С.А.^{1,*}, Корнеев А.А.², Синицын А.А.³, Зайцева Н.В.⁴, Самосадная И.Л.⁵, Гавриленкова И.В.⁶, Перцов С.С.⁷
^{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7} Московский Государственный Медико-Стоматологический Университет (МГМСУ) им. А.И. Евдокимова, Москва, Россия

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

Аннотация

Выполнен обзор средств визуализации упругих свойств кубических кристаллов на основании матрицы упругих постоянных. В качестве примера использованы данные измерений c_{ij} кубических монокристаллов TiNi, известных мартенситными превращениями, эффектами памяти формы и сверхэластичности, а также изоморфных никелиду титана кристаллов TiFe. Матрица упругих постоянных кристаллов была визуализирована с помощью программы компьютерной алгебры Mathcad, расчетно-графических программ ELATE: Elastic tensor analysis и SC-EMA: Self-Consistent Elasticity of Multi-phase Aggregates. Получены характеристические поверхности модуля Юнга, сдвига и коэффициента Пуассона.

Ключевые слова: кубические кристаллы, упругие свойства, постоянные, модули, коэффициент Пуассона, специализированные графические пакеты.

VISUALIZATION OF MATRIX OF ELASTIC PROPERTIES OF CRYSTALS USING SPECIALIZED GRAPHIC PACKETS

Research article

Muslov S.A.^{1,*}, Korneev A.A.², Sinitsyn A.A.³, Zaitseva N.V.⁴, Samosadnaya I.L.⁵, Gavrilenkova I.V.⁶, Pertsov S.S.⁷
^{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7} State-Financed Educational Institution of the Higher Professional Education Moscow State Medical Stomatological University (MSMSU) named after A.I. Evdokimov of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia

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

Abstract

A review of the means of visualizing elastic properties of cubic crystals by the matrix of elastic constants is performed. As an example, the measurement data for c_{ij} cubic TiNi single crystals is used. It is known for its martensitic transformations, shape memory effects and super-elasticity, as well as TiFe crystals isomorphic to nickelide titanium. The matrix of elastic constants of crystals was visualized using the program of computer algebra Mathcad, ELATE calculation and graphics programs: Elastic tensor analysis and SC-EMA: Self-Consistent Elasticity of Multi-phase Aggregates. The characteristic surfaces of Young's modulus, the shift, and the Poisson's ratio are obtained.

Keywords: cubic crystals, elastic properties, constants, modules, Poisson's ratio, specialized graphics packages.

Введение

Анализ матрицы упругих постоянных c_{ij} или коэффициентов податливости s_{ij} материалов обычно ограничивается расчетом модулей упругости вдоль определенных направлений (n) и сдвига в системах сдвига (m, n), а также коэффициента Пуассона для высокосимметричных направлений продольной и поперечной деформаций (m, n). Иногда рассчитываются экстремальные значения величин $E(n)$, $G(m, n)$ и $\mu(m, n)$ и соответствующие им значения m, n . Кроме того, могут быть определены линейные комбинации упругих констант, имеющие физический смысл. Например, в кубических кристаллах комбинации $B = (c_{11} + 2c_{12})/3$ и $C' = (c_{11} - c_{12})/2$ являются, в первом случае, мерой сопротивления кристаллов гидростатическому сжатию (модуль объемной упругости K) и, во втором случае, мерой сопротивления кристалла сдвигу в плоскости $\{110\}$ в направлении $\langle 1\bar{1}0 \rangle$. При этом, c_{44} и C' – экстремальные (всегда наибольший и наименьший или наоборот) модули сдвига в кубическом кристалле. В ряде случаев вычисляются параметры упругой анизотропии и технические упругие модули (модули, которые измеряются в опытах на поликристаллах). Последние – путем усреднения по Фойгту, Ройсу или Хиллу [1].

Меньше внимания уделяется ориентационным зависимостям модулей и графическим способам описания матриц c_{ij} и s_{ij} . В данном сообщении мы сделали попытку восполнить этот пробел и описать несколько современных возможностей для визуализации упругих анизотропных свойств материалов на основании значений упругих констант. В качестве конкретных примеров рассмотрены данные измерений c_{ij} [2], [3] монокристаллов $Ti_{49}Ni_{51}$ кубической сингонии – сплавов, получивших широкое распространение в современной технике и медицине, благодаря мартенситным превращениям и уникальным эффектам памяти формы и сверхэластичности, а также изоморфное никелиду титана В2-соединение $Ti_{50}Fe_{50}$ [4], [5].

1. Системы компьютерной алгебры Mathcad/Mathlab. Формулы для построения поверхностей $E(n)$, $G(m, n)$ и $\mu(m, n)$ весьма подробно описаны в литературе. Трудности у исследователей могут возникать на этапе параметризации направляющих косинусов (n_1, n_2, n_3) и (m_1, m_2, m_3) через углы Эйлера или углы сферической системы координат в данных пакетах прикладных программ. На рис. 1 представлены поверхности модуля Юнга, построенные в программе технических вычислений Mathcad, обладающей достаточно мощным графическим редактором с широкими возможностями при форматировании 2D и 3D графиков.

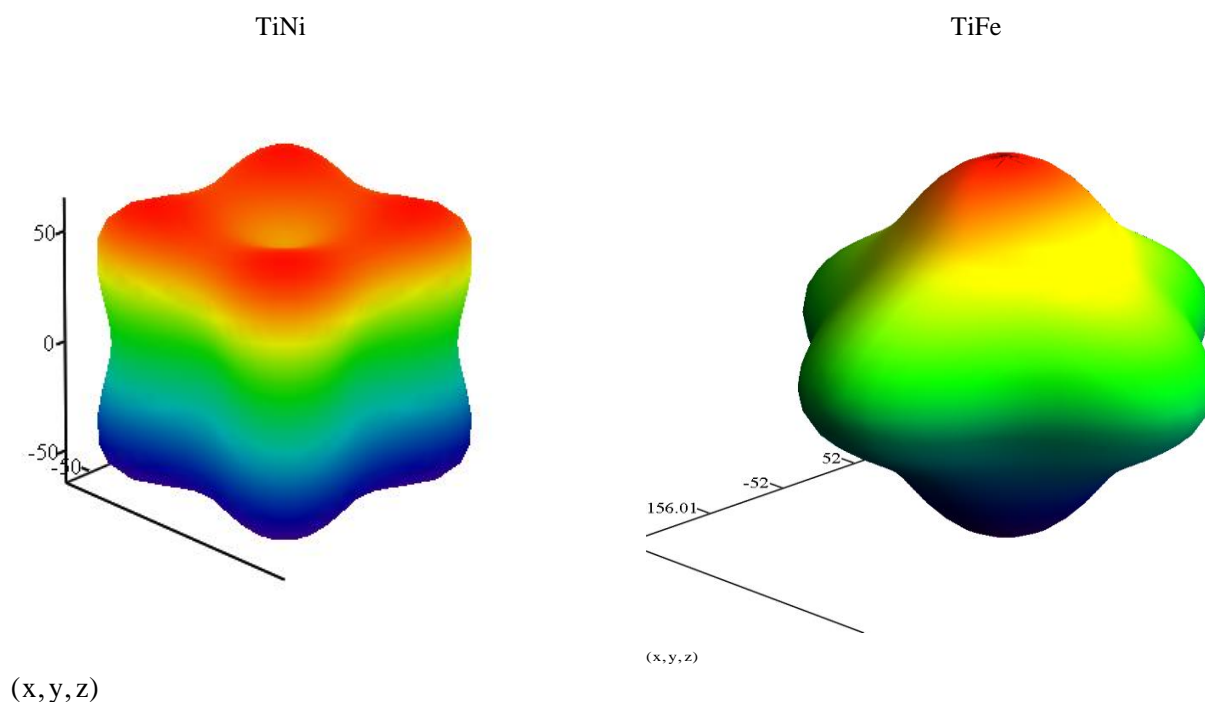


Рис. 1 – Модуль Юнга E монокристаллов TiNi и TiFe. 3D вид

2. Аналогичные по виду поверхности модуля Юнга E у TiNi и TiFe получены с помощью специального программного обеспечения, рекомендованного для анализа упругих свойств кристаллов авторами [6], [7]. Они представлены на рис. 2 в виде каркасов и с ребрами координатных плоскостей.

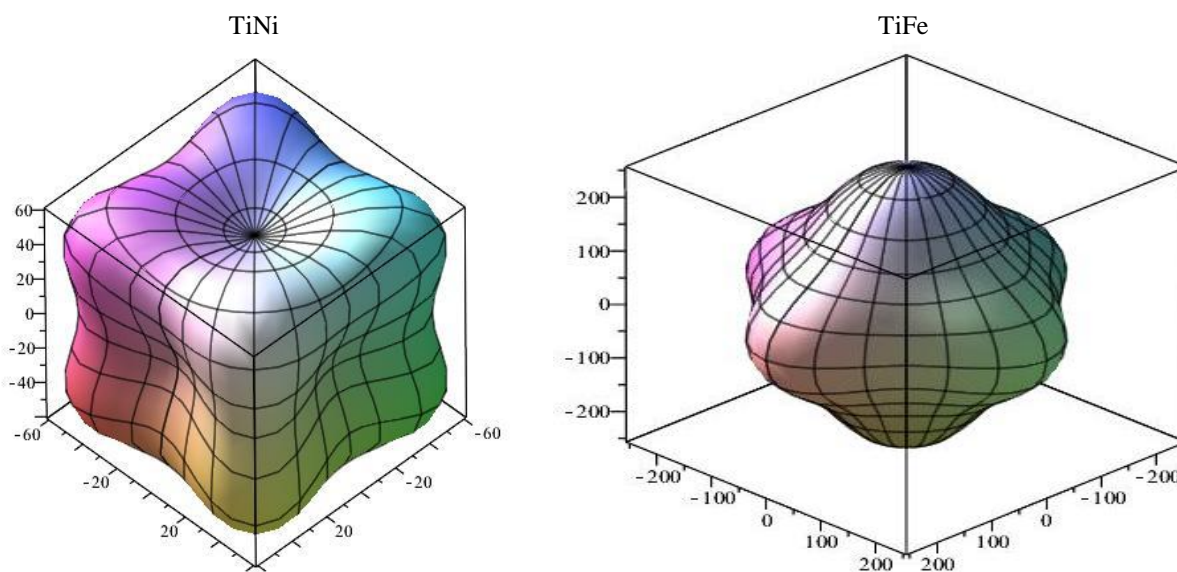


Рис. 2 – Модуль Юнга E монокристаллов TiNi и TiFe. 3D вид

Заслуживают внимания два следующих способа визуализации матрицы упругих постоянных [8]. Их отличительной чертой является доступность во всемирной сети Интернет для всех основных сингоний кристаллов. Онлайн-калькуляторы позволяют не только построить поверхности основных упругих параметров кристаллов и их сечения, но и рассчитать экстремальные значения характеристик, параметры m и n для них, технические модули E , G и K , а также собственные значения матриц упругих постоянных и др.

3. ELATE: Elastic tensor analysis. Работа с данной оболочкой описана в [9], а она сама представлена на <http://progs.coudert.name/elate>. Результаты графической части программы можно видеть на рис. 3-5. В данном пакете условно поверхность, представляющая $g(\varphi, \theta) = \max_{\psi} X(\varphi, \theta, \psi)$, где $X=G, \mu$, отображается голубым полупрозрачным цветом, тогда как для $f(\varphi, \theta) = \min_{\psi} X(\varphi, \theta, \psi)$ применяется зеленый (для положительных) и красный (для отрицательных значений μ) цвет. В распоряжении пользователя следующие интерактивные возможности: поворот графиков вокруг двух пространственных осей, добавление линий каркаса, возвращение к начальным настройкам, экспорт графика в графический онлайн-редактор <https://plot.ly> и сохранение графика в виде изображения в формате *.png.

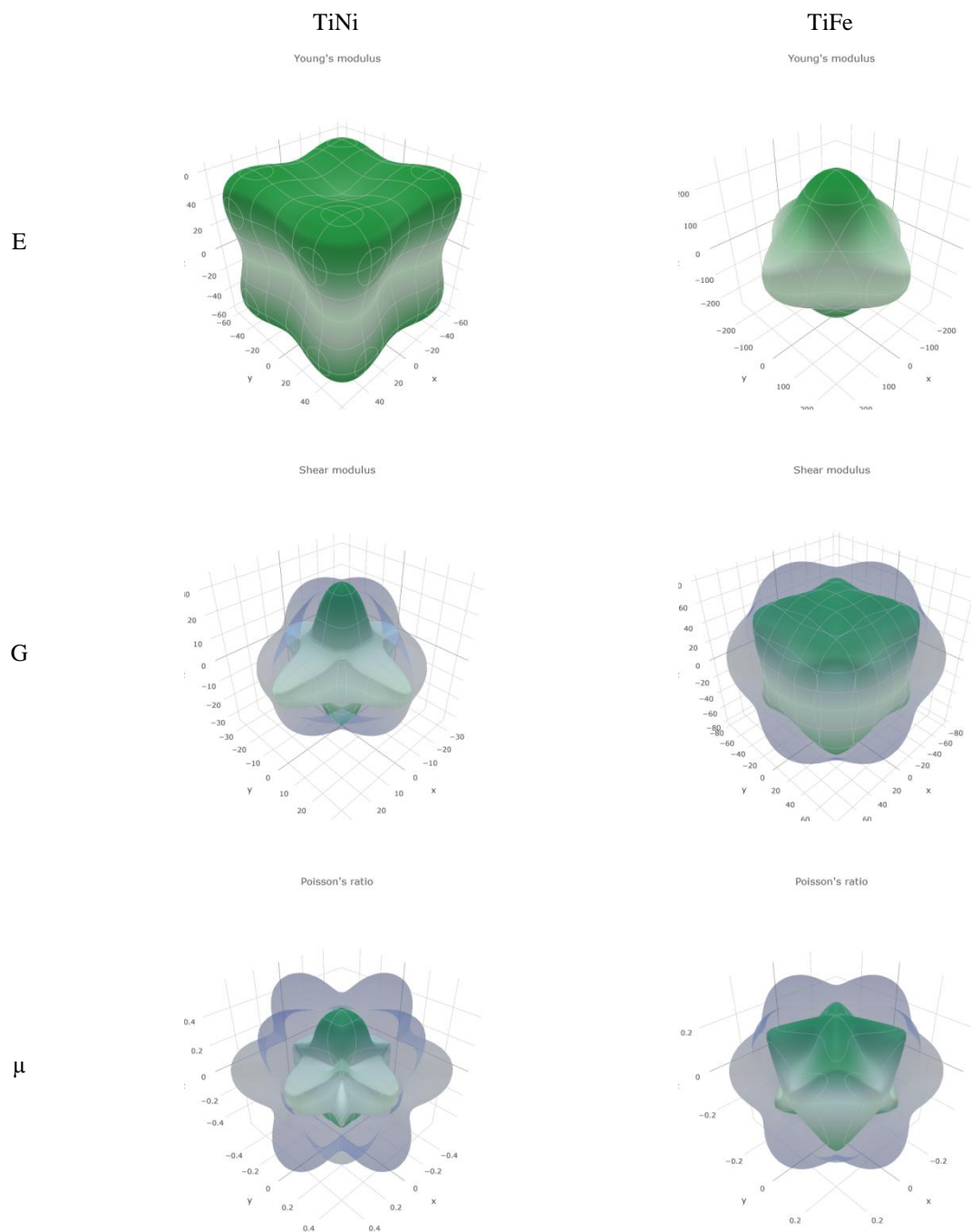


Рис. 3 – 3D графики модуля Юнга E, сдвига G и коэффициента Пуассона μ TiNi и TiFe в проекции 1

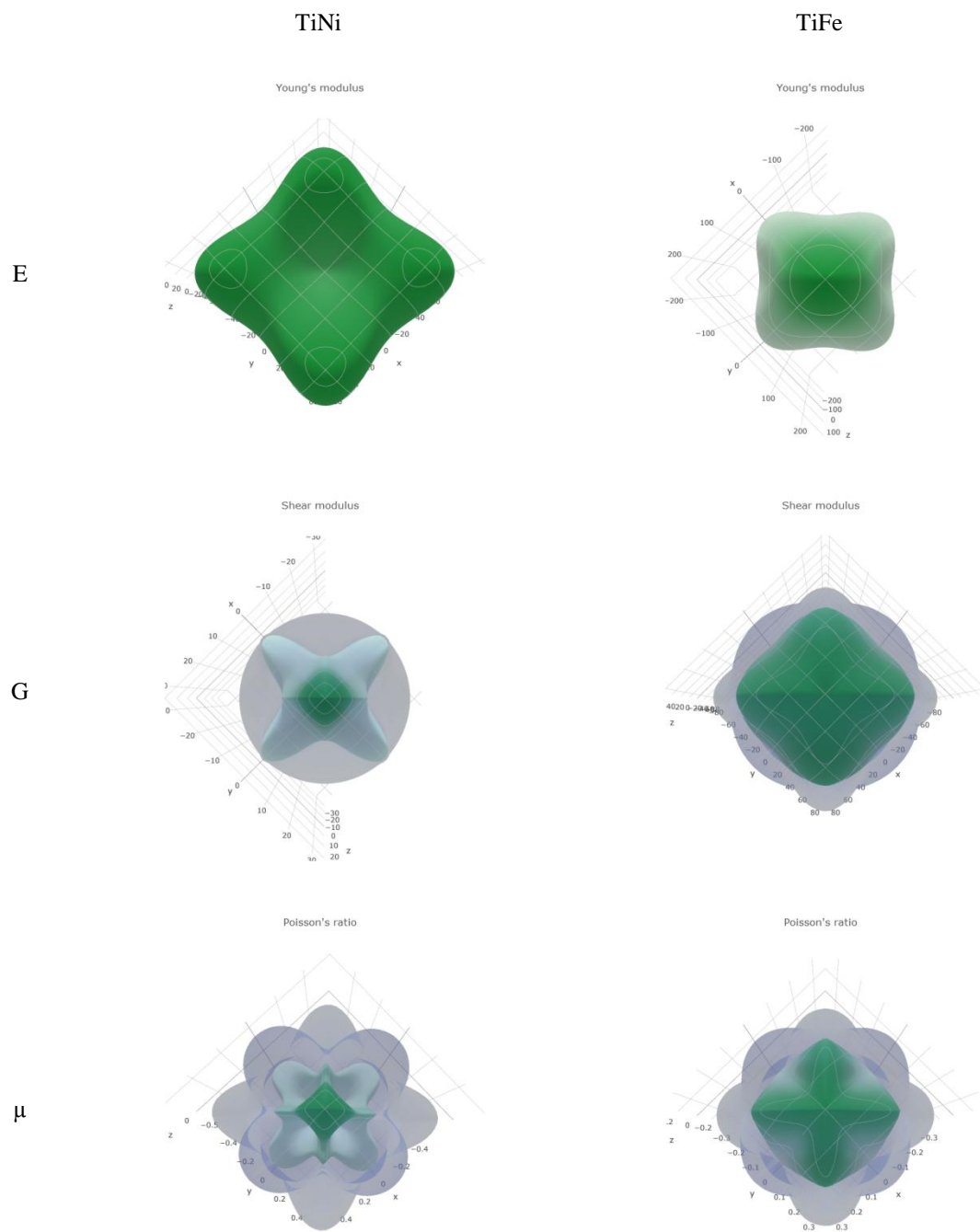
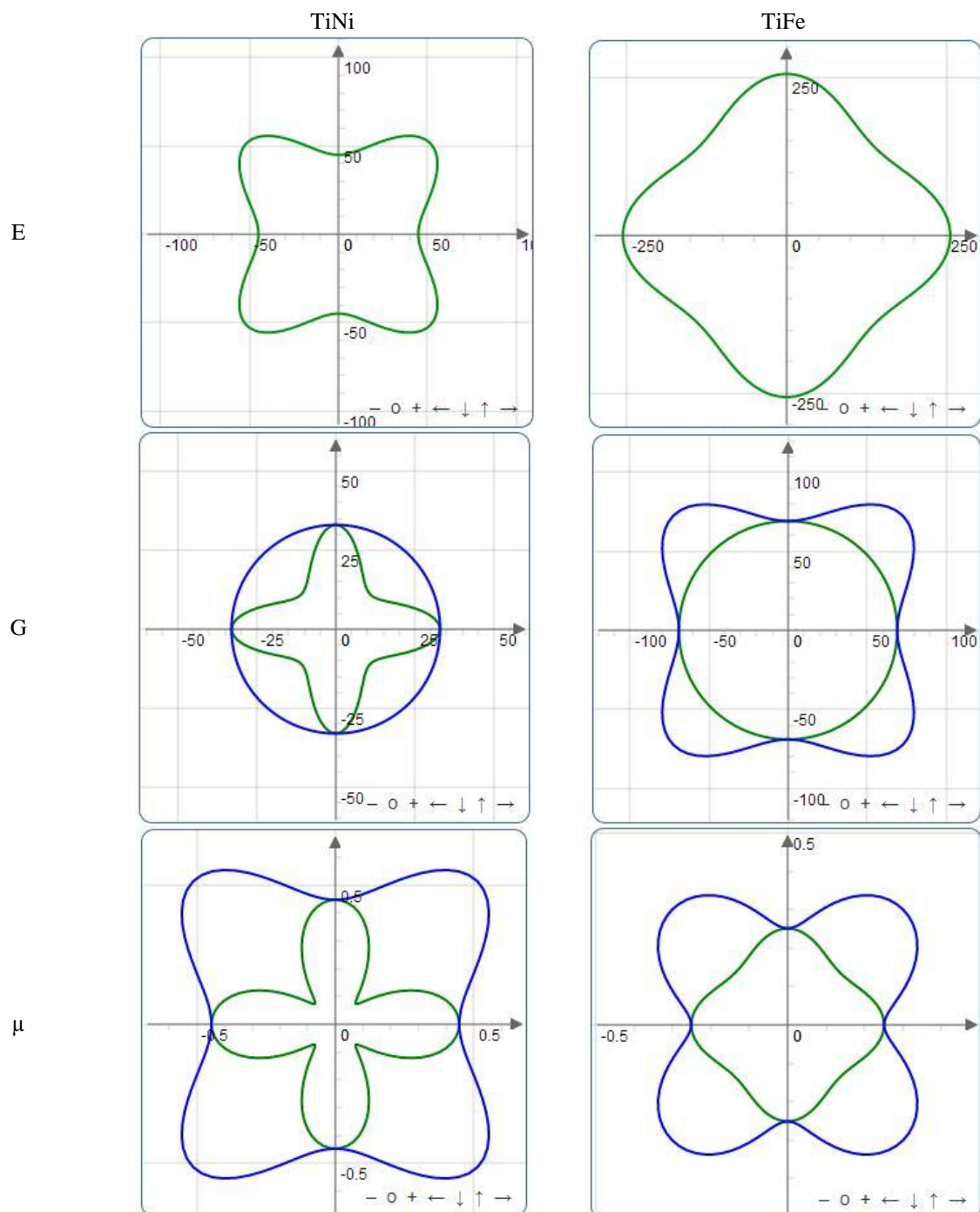


Рис. 4 – 3D графики модуля Юнга E, сдвига G и коэффициента Пуассона μ TiNi и TiFe в проекции 2

Рис. 5 – 2D графики модуля Юнга E, сдвига G и коэффициента Пуассона μ TiNi и TiFe в плоскости xy .

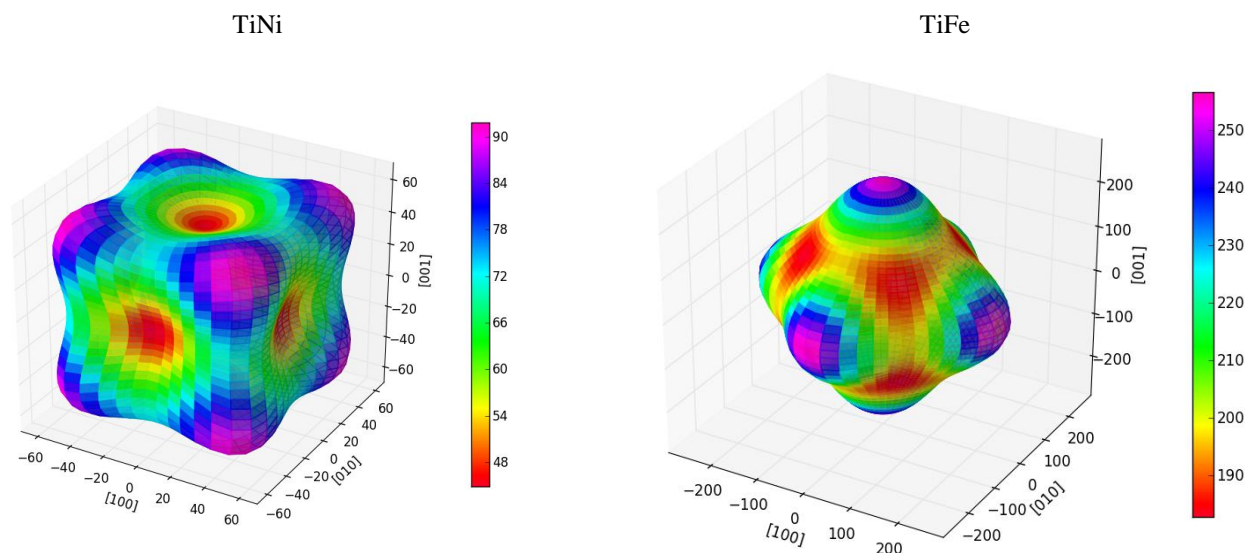
В рамках пакета можно вычислить экстремальные характеристики упругих свойств и соответствующие им направления, линейную сжимаемость кристаллов, технические модули, а также собственные значения матрицы упругих постоянных

Таблица 1 – Собственные значения матрицы c_{ij} (ГПа)

	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	λ_6
TiNi	31	31	33	33	33	431.5
TiFe	69	69	69	205	205	517

Как видно из таблицы кратность собственных значений квадратных матриц c_{ij} сплавов равна 3, 2 и 1, соответственно.

4. В заключении отметим еще один онлайн-сервис для матриц упругих постоянных кристаллов – SC-EMA: Self-Consistent Elasticity of Multi-phase Aggregates [10]. Данный калькулятор также рассчитывает широкий спектр упругих характеристик кристаллов. Из его недостатков можно отметить относительно узкие графические возможности: он позволяет построить характеристические поверхности только модуля Юнга (рис. 6).

Рис. 6 – Модуль Юнга E монокристаллов TiNi и TiFe. 3D вид

Настоящее сообщение продолжает цикл наших работ по применению компьютерных технологий в научных исследованиях [11], [12], [13].

Финансирование

Работа выполнена в рамках плана НИР (2017-2021 гг.) кафедры нормальной физиологии и медицинской физики МГМСУ им. А.И. Евдокимова.

Funding

The work was carried out within the plane of Research work (2017-2021 years).

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Шермергор Т.Д. Теория упругости микронеоднородных сред. М.: Наука, 1977. – 400 с.
2. Кузнецов А.В. Упругие постоянные TiNi вблизи мартенситных превращений / С.А. Муслев, А.И. Лотков, В.Н. Хачин и др. // Известия вузов, сер. Физика. – 1987, № 7. – С. 98-99.
3. Муслев С.А. Аномалии упругих постоянных монокристаллов $Ti_{50}Ni_{48}Fe_2$ вблизи мартенситных превращений / А.В. Кузнецов, В.Н. Хачин, А.И. Лотков и др. // Известия вузов, сер. Физика. – 1987, № 8. – С. 104-105.
4. Муслев С.А. Применение материалов с эффектом памяти формы в науке, технике и медицине. – М.: Издательский дом "Фолиум", 2007. – 328 С.
5. Муслев С.А. Предмартенситные состояния в монокристаллах сплавов TiNi-TiFe и TiNi-TiCu: (01.04.07): Дис. на соиск. учен. степ. канд. физ.-мат. наук / Том. гос. ун-т им. В. В. Куйбышева, 1987. – 166 с.
6. Goldstein R.V. Extreme values of the shear modulus for hexagonal crystals / R.V. Goldstein, V.A. Gorodtsov, M.A. Komarova and others // Scripta Materialia. – 2017. – 140. – P. 55-58.
7. Муслев С.А. Упругая анизотропия дентина и эмали / Муслев С.А., Лисовенко Д.С. // Письма о материалах. – 2018. – 8 (3). – С. 288-293.
8. Bc. Dušan Lago. Effective Tool for Material Elasticity Computation. Master's Thesis. Brno, Spring 2017. – 51 p.
9. R. Gaillac ELATE: An open-source online application for analysis and visualization of elastic tensors / R. Gaillac, P. Pullumbi, F.-X. Coudert // J. Phys. Condens. Matter. – 2016. – 28.
10. SC-EMA: Self-Consistent Elasticity of Multi-phase Aggregates. [Электронный ресурс] URL: <http://scema.mpie.de>.
11. Муслев С.А. Три способа измерения площади плоских фигур произвольной формы программными методами / Муслев С.А., Зайцева Н.В., Самосадная И.Л. и др. // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2017. – № 5 (часть 1). – С. 89-93.
12. Muslov S.A. SW-based measurement for the areas of the planar figures / RAD 2015. Third International Conference on Radiation and Applications in Various Fields of Research, 8-12 June 2015, Budva, Montenegro. – P. 67.
13. Арутюнов С.Д. Программное измерение параметров усадки и набухания образцов стоматологических оттисковых материалов / Арутюнов С.Д., Муслев С.А., Сакиева З.В. и др. // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 1 (часть 3). – С. 453-456.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Shermergor T.D. Teoriya uprugosti mikroneodnorodnykh sred. [Theory of Elasticity of Microinhomogeneous Media] M.: Nauka, 1977. – 400 p. [in Russian]
2. Kuznetsov A.V. Uprugie postoyannye TiNi vblizi martensitnykh prevrashchenii [Elastic Constants of TiNi near Martensitic Transformations] / Kuznetsov A.V., Muslov S.A., Lotkov A.I. and others // Izvestiya vuzov, seriya Fizika [Proceedings of Higher Educational Institutions, ser. Physics. – 1987, No. 7. – P. 98-99. [in Russian]
3. Muslov S.A. Anomalii uprugikh postoyannykh monokristallov $Ti_{50}Ni_{48}Fe_2$ vblizi martensitnykh prevrashchenii [Anomalies of Elastic Constants of $Ti_{50}Ni_{48}Fe_2$ Single Crystals near Martensitic Transformations] / Muslov S.A.,

- Kuznetsov A.V., Khachin V.N. and others // *Izvestiya vuzov, seriya Fizika* [Proceedings of Higher Educational Institutions, Ser. Physics]. - 1987, No. 8. - P. 104-105. [in Russian]
4. Muslov S.A. *Primenenie materialov s efektom pamyati formy v nauke, tekhnike i meditsine*. [Application of Materials with Shape Memory Effect in Science, Technology and Medicine] – M.: Publishing House “Folium,” 2007. - 328 P. [in Russian]
 5. Muslov S.A. *Predmartensitnye sostoyaniya v monokrystallakh splavov TiNi-TiFe i TiNi-TiCu: (01.04.07): Dis. na soisk. uchen. step. kand. fiz.-mat. nauk* [Muslov S.A. Pre-martensitic States in Single Crystals of TiNi-TiFe and TiNi-TiCu Alloys: (01.04.07): Thesis to obtain PhD in Physics and Mathematics / Tom. State. Un. named after V.V. Kuibyshev, 1987. – 166 p. [in Russian]
 6. R.V. Goldstein Extreme values of the shear modulus for hexagonal crystals / R.V. Goldstein, V.A. Gorodtsov, M.A. Komarova and others // *Scripta Materialia* 140 (2017) 55-58.
 7. Muslov S.A. *Uprugaya anizotropiya dentina i emali*. [Elastic Anisotropy of Dentin and Enamel] / Muslov S.A., Lisovenko D.S. // *Pisma o materialakh* [Letters about Materials. 8 (3), 2018. – P. 288-293. [in Russian]
 8. Bc. Dušan Lago. *Effective Tool for Material Elasticity Computation*. Master's Thesis. Brno, Spring 2017. – 51 p.
 9. R. Gaillac ELATE: An open-source online application for analysis and visualization of elastic tensors / R. Gaillac, P. Pullumbi, F.-X. Coudert // *J. Phys. Condens. Matter*. – 2016. – 28.
 10. SC-EMA: Self-Consistent Elasticity of Multi-phase Aggregates. Electronic resource. URL: <http://scema.mpie.de>.
 11. Muslov S.A. *Tri sposoba izmereniya ploshchadi ploskikh figur proizvolnoi formy programmnyimi metodami* [Three Ways to Measure the Area of Flat Shapes of Arbitrary Shape by Software Methods] / Muslov S.A., Zaitseva N.V., Samosadnaya I.L. and others // *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy* [International Journal of Applied and Fundamental Research, No. 5 (part 1) 2017, p. 89-93. [in Russian]
 12. Muslov S.A. *SW-based measurement for the areas of the planar figures* / RAD 2015. Third International Conference on Radiation and Applications in Various Fields of Research, 8-12 June 2015, Budva, Montenegro. – P. 67.
 13. Arutyunov S.D. *Programmnoe izmerenie parametrov usadki i nabukhaniya obraztsov stomatologicheskikh ottisknykh materialov* [Software Measurement of Shrinkage and Swelling Parameters of Samples of Dental Impression Materials] / Arutyunov S.D., Muslov S.A., Sakieva Z.V. and others // *Fundamentalniye issledovaniya* [Fundamental Research]. – 2015. – No. 1 (part 3). – P. 453-456. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.76.10.003>

МИНИМИЗАЦИЯ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ СВИНОВОДЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Научная статья

Базыкин В.И.^{1,*}, Трифанов А.В.²

¹ ORCID: 0000-0001-6417-6433;

² ORCID: 0000-0002-3503-6148,

^{1,2} Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства - филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», Санкт-Петербург, Россия

* Корреспондирующий автор (valentin-bazykin[at]mail.ru)

Аннотация

Производство продукции животноводства оказывает существенное негативное влияние на окружающую среду. Особенно остро встает вопрос с хранением, переработкой и утилизацией навоза. Одним из путей решения сложившейся проблемы является снижение годового выхода навоза и выбросов на свиноводческих предприятиях. Этого можно достигнуть путем выполнения изложенных в статье рекомендаций и применения бесстрессовых технологий воспроизводства, выращивания и откорма свиней. Бесстрессовая технология содержания свиней имеет большой потенциал при внедрении в производство с точки зрения рационального природопользования.

Ключевые слова: сельское хозяйство, животноводство, свиноводство, негативное воздействие, окружающая среда, рекомендации, бесстрессовая технология.

MINIMIZATION OF NEGATIVE IMPACTS OF PIG-BREEDING COMPANIES ON ENVIRONMENT

Research article

Bazykin V.I.^{1,*}, Tryfanov A.V.²

¹ ORCID: 0000-0001-6417-6433;

² ORCID: 0000-0002-3503-6148,

^{1,2} Institute of Agroengineering and Environmental Problems of Agricultural Production – the branch of the Federal State Budget Scientific Institution "Federal Scientific Agricultural Engineering Center VIM," St. Petersburg, Russia

*Corresponding author (valentin-bazykin[at]mail.ru)

Abstract

The production of livestock products has a significant negative impact on the environment. The following issues are especially acute: storage, processing, and disposal of manure. One of the ways to solve this problem is to reduce the annual yield of manure and emissions in pig-breeding enterprises. This can be achieved by implementing the recommendations given in the article and applying stress-free technologies for the reproduction, rearing, and fattening of pigs. The stress-free technology of keeping pigs has a great potential for introduction into production from rational nature management.

Keywords: agriculture, animal husbandry, pig breeding, negative impact, environment, recommendations, stressless technology.

Производство продукции животноводства оказывает существенное негативное влияние на природу. В результате в окружающей среде происходят количественные и качественные негативные изменения.

Под минимизацией негативного воздействия свиноводческих предприятий на окружающую среду понимается мотивированное, целенаправленное и последовательное изменение удельных показателей сбросов и выбросов загрязняющих веществ, используемых ресурсов, отходов, экологических показателей готовой продукции, достигаемые на основе использования совокупности организационных, технологических и технических методов и средств. В животноводстве, это в первую очередь отходы жизнедеятельности животных. Одним из важнейших свойств животноводческой системы является безопасность, т.е. способность системы не наносить критические воздействия окружающей среде при своем функционировании.

В качестве приоритетных принципов экологического управления производством должны рассматриваться принципы, основанные на процессах минимизации негативного воздействия на окружающую среду, включая минимизацию отходов свиноводства, эффективное использование сырьевых и энергетических ресурсов.

Технологические и технические методы и средства должны контролировать источники и уровень выделений и выбросов вредных веществ, загрязняющих воздух, водные источники и землю при экономии ресурсов за счет внедрения новой техники и технологий в свиноводстве, которые учитывают экологические и социальные последствия использования отходов производства, предотвращения потерь ценных компонентов [1, С. 206], [2, С. 43].

В целом, низкое качество исполнения производственных процессов ведет к снижению продуктивности животных, увеличению объема выхода навоза, расхода воды и кормов и повышенному износу технологического оборудования и технических средств для содержания животных, обеспечения параметров микроклимата, кормления свиней и удаления навоза.

Особенно остро встает вопрос с хранением, переработкой и утилизацией навоза. Малая доля свиноводческих предприятий имеет необходимую площадь земельных угодий для внесения в почву навоза в виде органических удобрений [3, С. 15].

Удаление навоза за пределы свиноводческих помещений является одной из наиболее важных проблем ведения свиноводства на промышленной основе. В связи с этим особое значение, как при строительстве, так и при реконструкции свиноводческих комплексов и ферм, приобретает выбор технологии содержания и системы удаления навоза [4, С. 239].

В производственных помещениях для содержания свиней образуются такие вредные загрязняющие вещества как: сероводород, углекислый газ, аммиак, пыль и пары влаги. В приемных навозосборниках, навозохранилищах и на площадках для хранения, переработки и подготовке к утилизации навоза в основном выделяется сероводород и аммиак.

Основные мероприятия, которые позволят минимизировать выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух на свиноферме:

- применение закрытой системы удаления, транспортировки и хранения навозных стоков;
- установка фильтров грубой и тонкой очистки на вытяжных шахтах и вентиляторах;
- использование герметичных конвейеров для транспортировки готового комбикорма, герметичных бункеров для хранения корма уменьшает выбросы вредных веществ при транспортировке и загрузке комбикорма;
- хранение и транспортировка дезинфекционных средств осуществляется только в закрытых емкостях;
- обеззараживание помещений от нежелательной микрофлоры осуществляется разрешенными безопасными дезинфицирующими средствами.

Для ресурсосбережения на свинокомплексах и фермах могут применяться следующие приемы:

- в целях экономии воды для мойки помещений во время санитарных обработок необходимо применять моечные станции высокого давления;
- для создания оптимального микроклимата для поросят-сосунов целесообразно применение локального обогрева в виде инфракрасных ламп или обогреваемого от системы отопления пола;
- для экономии электроэнергии на освещение возможен переход на светодиодное освещение;
- для экономии электроэнергии на систему вентиляции в летнее время года возможна установка оросителей на кровле, для снижения температуры внутри свинарника.

Одним из путей решения сложившейся проблемы является снижение годового выхода навоза на свиноводческих предприятиях. Этого можно достигнуть путем выполнения вышеизложенных рекомендаций и применения бесстрессовых технологий воспроизводства, выращивания и откорма свиней [5, С. 118], [6, С. 140], [7, С. 82].

Научными исследованиями доказано, что во время перегруппировки животных и их принудительного перемещения по стадиям технологического процесса возникают стрессы, негативно влияющие на продуктивность поросят [8, С. 103]. Каждое принудительное перемещение увеличивает общую продолжительность выращивания свиньи на 5-7 дней. Применение бесстрессовой технологии содержания свиней позволяет полностью исключить влияние стрессов на животных во время их перемещения по стадиям технологического процесса. Соответственно, уменьшение общей продолжительности выращивания свиней пропорционально приведет к уменьшению годового выхода навоза свиней на доращивании и откорме.

$$k = 1 - \frac{T_B - T_{\Pi}}{T_B} \quad (1)$$

где: k – коэффициент, характеризующий снижение продолжительности выращивания свиней при бесстрессовой технологии содержания относительно традиционной; T_B – общая продолжительность выращивания свиней при традиционной технологии, дней; T_{Π} – продолжительность периода влияния стресса на поросят вызванного принудительным перемещением, дней.

Годовой выход навоза при применении бесстрессовой технологии содержания свиней относительно традиционной будет определяться по формуле:

$$Q_{ГНБ} = Q_{ГНТ} \times (1 - k) \quad (2)$$

где: $Q_{ГНБ}$ – годовой выход навоза при применении бесстрессовой технологии содержания свиней, т.; $Q_{ГНТ}$ – годовой выход навоза при применении традиционной технологии содержания свиней, т.

Авторами статьи был разработан технологический проект свинофермы мощностью 500 голов в год с применением пятифазной бесстрессовой технологии содержания свиней для ФХ Дмитриковой Н.И. расположенного в д. Козлово Андреапольского района Тверской области. Свиноферма была построена и введена в эксплуатацию. Для оценки эффективности технологии была проведена ее опытно-производственная проверка и определены основные технико-экономические показатели [9, С. 21].

На основании расчета и полученных данных в результате исследований на свиноферме, были построены теоретическая и фактическая графические модели роста живой массы свиней (рис.1).

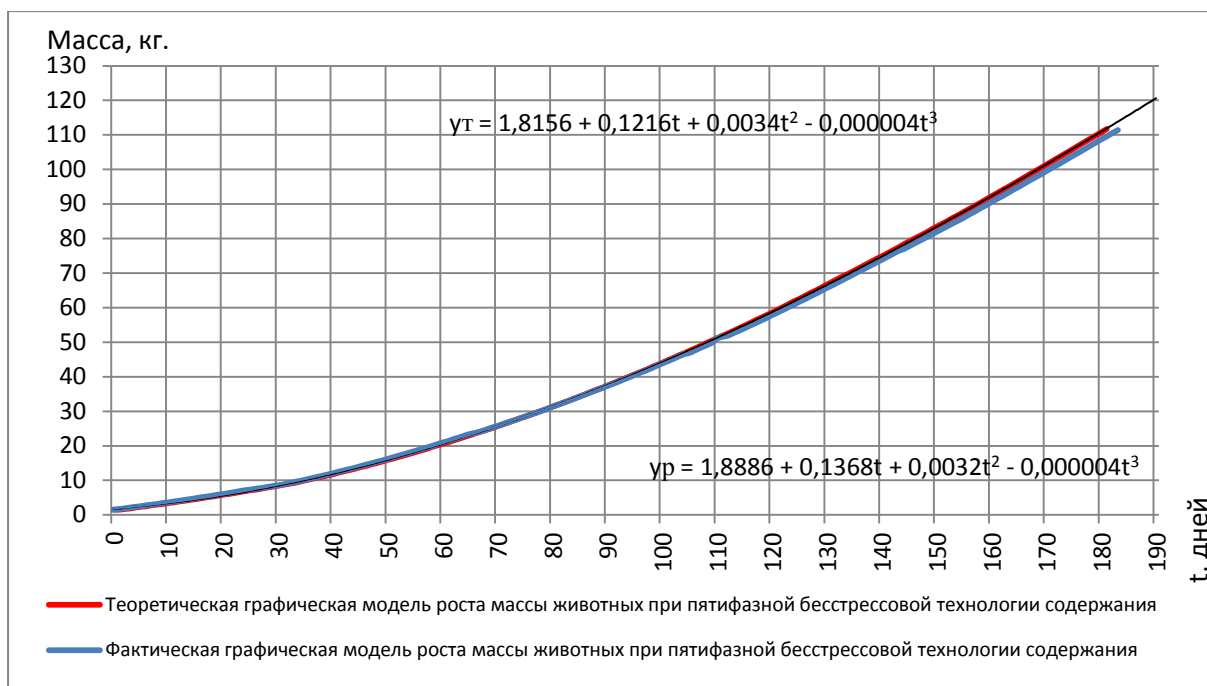


Рис. 1 – Теоретическая и фактическая графические модели роста массы животных при бесстрессовой пятифазной технологии содержания свиней

Математические модели, описывающие рост массы животных на всех фазах выращивания и откорма, имеют вид полинома 3-й степени:

$$y_t = 1,8156 + 0,1216 \times t + 0,0034 \times t^2 - 0,000004 \times t^3 \quad (3)$$

$$y_p = 1,8886 + 0,1368 \times t + 0,0032 \times t^2 - 0,000004 \times t^3 \quad (4)$$

Основные фактические технико-экономические показатели:

- прирост живой массы на подсосном периоде - 235 г/сутки;
- прирост живой массы на 1-м периоде дорастивания - 402 г/сутки;
- прирост живой массы на 2-м периоде дорастивания - 595 г/сутки;
- прирост живой массы на 1-м периоде откорма - 763 г/сутки;
- прирост живой массы на 2-м периоде откорма - 901 г/сутки;
- затраты труда - 3024 чел.-ч./год;
- затраты электроэнергии - 0,755 кВт.-ч./кг.;
- конверсия корма - 3,88 к.ед./кг.;
- критерий оплаты общей площади производством мяса - 1,368 ц/м²;
- себестоимость 1 кг. свинины - 69,5 руб./кг.

Также были проведены исследования по определению расхода воды и выхода навоза на свиноферме. Исследования показали, что на свиноферме с применением пятифазной бесстрессовой технологии объем навозных стоков на 14% ниже, чем на свинофермах с применением традиционных технологий содержания свиней.

Бесстрессовые технологии воспроизводства, выращивания и откорма свиней имеют большой потенциал при внедрении в производство с точки зрения рационального природопользования [10, С. 259]. Выполнение данных мероприятий позволит минимизировать негативное воздействие свиноводческих предприятий на окружающую среду и повысить экологическую безопасность в местах расположения крупных свинокомплексов.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Трифанов А.В. Инновационная многотактная технология содержания подсосных свиноматок для модульных свиноферм / Трифанов А.В., Базыкин В.И. // Инновации в сельском хозяйстве. 2017. - № 2 (23). - С. 202-209.
2. Трифанов А.В. Инновационная технология содержания подсосных свиноматок для модульных свиноферм / Трифанов А.В., Базыкин В.И. // Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. - № 3. - С. 38-45.
3. Базыкин В.И. Снижение воздействия свиноводческих предприятий на окружающую среду за счет применения бесстрессовых технологий воспроизводства, выращивания и откорма свиней / Базыкин В.И., Трифанов А.В. // В сборнике: День Балтийского моря Сборник материалов XVII Международного экологического форума. 2016. - С. 15-16.
4. Тропин А.Н. Обоснование конструктивных параметров самотечной системы удаления навоза периодического действия ванно-трубного типа / Тропин А.Н., Трифанов А.В., Базыкин В.И. // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. - 2011. - № 25. - С. 238-241.

5. Калюга В.В. Малая свиноферма с бесстрессовым способом содержания свиней / Калюга В.В., Трифанов А.В., Базыкин В.И. // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. - СПб.: ГНУ СЗНИИМЭСХ, 2012. - № 83. - С. 111-121.
6. Базыкин В.И. Малые свиноводческие фермы с бесстрессовым способом содержания свиней / Базыкин В.И., Трифанов А.В. // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2016. - № 89. - С. 137-146.
7. Калюга В.В. Модернизированная технология воспроизводства, выращивания и откорма свиней с элементами бесстрессового содержания для средних по мощности свиноферм / Калюга В.В., Базыкин В.И., Тихонов Е.А. // Resources and Technology. 2015. - Т. 12. - № 2. - С. 77-88.
8. Калюга В.В. Результаты исследования пятифазной бесстрессовой технологии воспроизводства, выращивания и откорма свиней / Калюга В.В., Базыкин В.И. // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. - СПб.: ГНУ СЗНИИМЭСХ, 2014. - № 85. - С. 100-108.
9. Калюга В.В. Моделирование пятифазной бесстрессовой технологии воспроизводства, выращивания и откорма свиней / Калюга В.В., Базыкин В.И., Привалов М.Н. // Вестник ВНИИМЖ. - Подольск, 2013. - №4 (12). - С. 16-22
10. Калюга В.В. Моделирование бесстрессовых технологий воспроизводства, выращивания и откорма свиней / Калюга В.В., Базыкин В.И., Привалов М.Н. // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. СПб. - 2012. - №29. - С. 257-264.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Trifanov A.V. Innovacionnaya mnogotaktная tekhnologiya soderzhaniya podsosnyh svinomatok dlya modul'nyh svinoferm [Innovative multi-cycle technology of sowing sows for modular pig farms] / Trifanov A.V., Bazykin V.I. // Innovacii v sel'skom hozyajstve [Innovations in agriculture]. - 2017. - No. 2 (23). - P. 202-209. [in Russian]
2. Trifanov A.V. Innovacionnaya tekhnologiya soderzhaniya podsosnyh svinomatok dlya modul'nyh svinoferm [Innovative technology of sowing sows for modular pig farms] / Trifanov A.V., Bazykin V.I. // Izvestiya Velikolukskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii [Proceedings of the Velikie Luki State Agricultural Academy]. - 2017. - No. 3. - P. 38-45. [in Russian]
3. Bazykin V.I. Snizhenie vozdejstviya svinovodcheskih predpriyatij na okruzhayushchuyu sredu za schet primeneniya besstressovyh tekhnologij vosproizvodstva, vyrashchivaniya i otkorma svinej [Reduction of the impact of pig enterprises on the environment through the application of stress-free technologies for the reproduction, rearing and fattening of pigs] / Bazykin V.I., Trifanov A.V. // V sbornike: Den' Baltijskogo morya Sbornik materialov HVII Mezhdunarodnogo ehkologicheskogo foruma [In the collection: Day of the Baltic Sea Collection of materials of the XVII International Ecological Forum]. - 2016. - P. 15-16. [in Russian]
4. Tropin A.N. Obosnovanie konstruktivnyh parametrov samotechnoj sistemy udaleniya navoza periodicheskogo dejstviya vanno-trubnogo tipa [Substantiation of constructive parameters of a gravity system for the removal of manure from periodic operation of a tubular type] / Tropin A.N., Trifanov A.V., Bazykin V.I. // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Proceedings of the St. Petersburg State Agrarian University]. - 2011. - No. 25. - P. 238-241. [in Russian]
5. Kalyuga V.V. Malaya svinoferma s besstressovym sposobom soderzhaniya svinej [Small pig farm with a stress-free method of keeping pigs] / Kalyuga V.V., Trifanov A.V., Bazykin V.I. // Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produkci rastenievodstva i zhivotnovodstva [Technologies and technical means of mechanized production of crop and livestock products]. SPb.: GНU SZNIIMESH, - 2012. - No. 83. - P. 111-121. [in Russian]
6. Bazykin V.I. Malye svinovodcheskie fermy s besstressovym sposobom soderzhaniya svinej [Small pig-breeding farms with a stress-free method of keeping pigs] / Bazykin V.I., Trifanov A.V. // Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produkci rastenievodstva i zhivotnovodstva [Technologies and technical means of mechanized production of crop and livestock products]. - 2016. - No. 89. - P. 137-146. [in Russian]
7. Kalyuga V.V. Modernizirovannaya tekhnologiya vosproizvodstva, vyrashchivaniya i otkorma svinej s ehlementami besstressovogo soderzhaniya dlya srednih po moshchnosti svinoferm [Modernized technology for the reproduction, rearing and fattening of pigs with elements of stress-free content for medium-sized pig farms] / Kalyuga V.V., Bazykin V.I., Tikhonov E.A. // Resources and Technology. - 2015. - T. 12. № 2. - P. 77-88. [in Russian]
8. Kalyuga V.V. Rezul'taty issledovaniya pyatifaznoj besstressovoj tekhnologii vosproizvodstva, vyrashchivaniya i otkorma svinej [Results of research of five-phase, stress-free technology of reproduction, rearing and fattening of pigs] / Kalyuga V.V., Bazykin V.I. // Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produkci rastenievodstva i zhivotnovodstva [Technologies and technical means of mechanized production of crop and livestock products]. SPb.: GНU SZNIIMESH, - 2014. - No. 85. - P. 100-108. [in Russian]
9. Kalyuga V.V. Modelirovanie pyatifaznoj besstressovoj tekhnologii vosproizvodstva, vyrashchivaniya i otkorma svinej [Modeling of five-phase, stress-free technology of reproduction, rearing and fattening of pigs] / Kalyuga V.V., Bazykin V.I., Privalov M.N. // Vestnik VNIIMZH [Bulletin of VNIIMZh]. - Podolsk, - 2013. - № 4 (12). - P. 16-22. [in Russian]
10. Kalyuga V.V. Modelirovanie besstressovyh tekhnologij vosproizvodstva, vyrashchivaniya i otkorma svinej [Modeling of stress-free technologies for the reproduction, rearing and fattening of pigs] / Kalyuga V.V., Bazykin V.I., Privalov M.N. // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Proceedings of the St. Petersburg State Agrarian University]. St. Petersburg. - 2012. - № 29. - P. 257-264. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.76.10.004>**ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ МЕТОДОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
ВЫСОКОВЯЗКИХ НЕФТЕЙ И ПРИРОДНЫХ БИТУМОВ**

Научная статья

Гатауллин Р.Н.*

ORCID: 0000-0002-6265-155X,

Институт энергетики и перспективных технологий ФИЦ КазНЦ РАН, Казань, Россия

* Корреспондирующий автор (rustem.acadrome[at]mail.ru)

Аннотация

Статья посвящена актуальной проблеме добычи высоковязкой нефти и природных битумов при освоении углеводородных месторождений. Представлено состояние месторождений с высоковязкой нефтью и природными битумами, в большей части залегающим на территории Республики Татарстан. Приведены наиболее успешные апробированные опытно-промышленные технологии извлечения высоковязких нефтей и природных битумов, отмечены их особенности и преимущества. Особое внимание уделено комбинированной технологии, которая основывается на совмещении теплофизического и волнового эффектов воздействия на пласт. Предлагаемые решения подтвердили свою эффективность, как по результатам научно-технических исследований, так и в условиях промысловых испытаний.

Ключевые слова: месторождение, добыча нефти, волновое воздействие, излучатель, скважина.

**MAIN FEATURES OF APPLYING THERMAL METHODS AT DEVELOPMENT OF DEPOSITS OF HIGH
VISCOSITY OILS AND NATIVE BITUMENS**

Research article

Gataullin R.N.*

ORCID: 0000-0002-6265-155X

Institute of Energy and Advanced Technologies Federal Research Center Kazan Research Center of the Russian Academy of Sciences, Kazan, Russia

* Correspondent author (rustem.acadrome[at]mail.ru)

Abstract

The article is devoted to the topical problem of high-viscosity oil and native bitumen extraction during the development of hydrocarbon deposits. The state of deposits with high viscosity oil and native bitumen is presented; mostly these are the deposits in the territory of the Republic of Tatarstan. The most successful proven pilot-industrial technologies for extracting high viscosity oils and native bitumen are given; their features and advantages are noted. Particular attention is paid to the combined technology based on combining thermal and wave effects of the impact on the reservoir. The proposed solutions have proved their effectiveness, both as a result of scientific and technical research and under the conditions of field trials.

Keywords: deposit, oil production, wave effect, radiator, well.

Современное состояние технологий добычи углеводородов определяется запасами, значительная часть которых – трудноизвлекаемые, в том числе природные битумы (ПБ) и высоковязкие нефти (ВВН). Прежде эффективность освоения месторождений определялась на ранних этапах, то сейчас необходимы технологии на поздних стадиях разработки.

Как показано в работе [1, С. 92], повышение уровня трудноизвлекаемых углеводородов сопровождается долготлетним понижением нефтеотдачи продуктивных пластов: в недрах остается более 2/3 неразработанной нефти. Такие объемы сопоставимы с уровнем добытых углеводородов на месторождениях России на данный момент. За последние 50 лет средние показатели коэффициента извлечения нефти (КИН) сократились почти в 2 раза – с 0,48 до 0,27 (рис.1). Это подтверждает то, что сырьевая база уже десятилетиями формируется за счет трудноизвлекаемых запасов, которые основаны на применении методов заводнения, требующих больших материальных затрат.

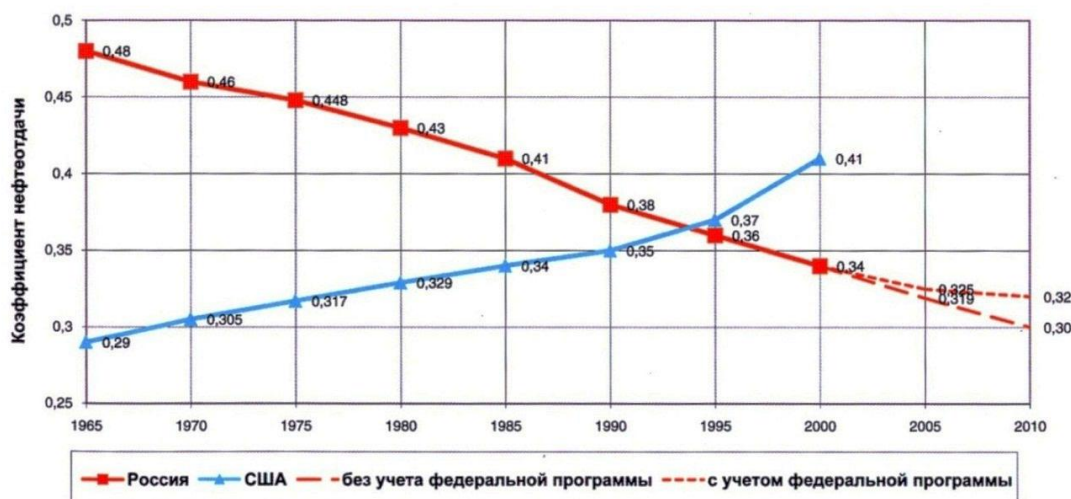


Рис. 1 – Динамика коэффициента нефтеотдачи в России и США

Прогнозные ресурсы природных битумов в России оцениваются в несколько десятков млрд. т. (при содержании битумов более 4 % вес.). Подавляющая их часть (около 70 %) сосредоточена в Волго-Уральском регионе (главным образом, в Республике Татарстан). На долю Восточной Сибири (Якутия и Красноярский край) приходится около 20 %. Значительные ресурсы распределены по другим регионам Европейской и Азиатской частей России.

Залежи природных битумов представляют собой скопления, в основном, жидких, подвижных, но сверхвысоковязких производных нефтяного ряда, заполняющих поры и пустоты карбонатных и песчано-алевролитовых пластов – коллекторов с толщинами от 1 до 40 м [2, С. 8-9].

Битумонасыщенность коллекторов в объемах залежей изменяется от 5 до 20% к весу породы и от 50 до 98% к объему пор соответственно. При содержании битумов в порах менее 50 % (до 5% к весу породы) распределение их в породах приобретает рассеянный характер и залегание ПБ по продуктивному пласту носит неакцентированный характер. Залежи природных битумов в основном по своей структуре – жидкие и подвижные. Относительно подвижные природные битумы залегают в песчано-алевролитовых коллекторах, более вязкие – в карбонатных отложениях. В целом вязкость ПБ увеличивается по всем залежам с востока территории на запад, а также – с севера на юг. В то же время наблюдается неоднородность этого параметра, как на разных участках скоплений, так и в разрезах [3, С. 10], [4].

Основные месторождения природных битумов в Татарстане: Мордово-Кармальское, Нижне-Кармальское, Ашальчинское, Подлесное, Утямышское, Минсалиховское, Южно-Ашальчинское и др.

При этом балансовые запасы разведанных месторождений ПБ составляют около 92 млн. т. Проблемы разработки залежей высоковязкой нефти и природных битумов прежде всего связаны с геологическими различиями. Залежи ПБ имеют сходство со строением залежей нефти: они приурочены к определенным частям разреза и современным структурным формам [4].

Далее представлены наиболее успешные апробированные технологии извлечения ВВН и ПБ, обработка продуктивных пластов которых подвергается теплофизическому воздействию.

Внутрипластовое горение

Внутрипластовое горение (ВГ) реализуется нагнетанием воздуха в пласт в качестве окислителя. При сухом ВГ «съем» часть тепла воздушным потоком выносится в область фронта горения и полезно используется в процессе извлечения углеводородов. При этом оптимальный режим, соответствует расходу воздуха, при котором процесс горения в пласте протекает при близком к стехиометрическому соотношению горючего и окислителя. Дальнейшее увеличение относительного значения суточного расхода воздуха (свыше 1 – 1,1) приводит, вследствие его избытка, к снижению дебита извлекаемой продукции. При влажном ВГ (ВВГ) для форсирования процесса теплопереноса в пласт вместе с воздухом закачивается вода, которая отличается повышенной теплоемкостью, где вследствие этого развивается обширная зона насыщенного пара.

Проведенные исследования показывают, что все залежи высоковязких нефтей находятся в густонаселенных районах Татарстана. Пластовое давление битумоносных залежей невысокие (0,1-1,0 МПа), поэтому искусственное повышение давления в пласте неизбежно приведет к перетокам продуктов горения и сероводорода в вышележащие водоносные горизонты питьевых вод и в воздушную среду. Очистка и утилизация вредных веществ при ведении экологически чистой разработки залежей потребует немалые средства. Помимо всего, как показано в работе [5, С. 37], процесс ВГ является сложно управляемым и имеет ряд недостатков: изменяются физико-химические свойства ПБ, вследствие этого – ухудшение извлекаемой продукции; закоксование нижней части НКТ. Для исключения негативных последствий необходимо привносить тепло в пористые среды горячими рабочими агентами.

Циклическая закачка пара

В литературе известно [6, С. 120], [7, С. 53-54], что нагнетание пара производится посредством применения двух различных методов:

- циклическая закачка пара, которая заключается в том, что пар закачивается в скважину в течение нескольких недель, а затем в течение нескольких дней флюид откачивается из этой же скважины. Такой цикл может повторяться несколько раз. Продолжительность применения технологии может быть от нескольких месяцев до двух лет. Характерным для повторной закачки пара в скважину является, в общем случае, минимальный уровень нефтедобычи.

- непрерывная закачка пара – это технология основана на том, что пар закачивается в нагнетательные скважины, а нефть добывается из добывающих скважин. Данная технология часто применяется после циклической закачки пара.

Основные ограничения при применении технологии закачки пара – максимальная глубина и минимальная толщина нефтеносного пласта, при которых данный процесс может быть применен с достаточной рентабельностью. Потери тепла в скважине в вышележащих толщах увеличиваются с глубиной, а потери тепла вокруг и ниже нефтеносного пласта увеличиваются при снижении его толщины.

Среди методов добычи ВВН выделяется своими показателями -технология SAGD (Steam Assisted Gravity Drainage) [1, С. 93], [8]. Она основана на применении двух параллельных ГС. В верхнюю нагнетают рабочий агент (пар), из нижней скважины отбирают извлекаемую продукцию. Технология включает разные этапы разработки (пароциклический, непрерывное нагнетание пара, вытеснение оторочкой теплоносителя) в различных системах скважин.

Комбинированное воздействие на продуктивные пласты

Результаты исследований показали, что рассматриваемая задача может быть решена за счет совмещения теплофизического и волнового (комбинированного) воздействия на продуктивные пласты. Сущность метода заключается в том, что при волновом воздействии интенсифицируются процессы теплообмена в пласте и повышается эффект теплофизического воздействия. Последнее, за счет увеличения температуры пластовой среды, повышает ее подвижность, что, в свою очередь, повышает эффект волнового воздействия. В результате суммарный эффект совмещенного воздействия значительно превосходит сумму эффектов отдельно примененных методов – достигается синергетический («сверхсуммарный») эффект воздействия [9, С. 90].

Предлагаемая комбинированная технология осуществляется размещением в нагнетательной скважине (НКТ) генератора колебаний, благодаря которому в потоке теплоносителя формируется волновое поле, которое

интенсифицирует внутрипластовые процессы, благодаря чему увеличивается зона влияния, а также увеличивается проницаемость среды.

Апробация, проведенная нашим центром, на промысле (Мордово-Кармальском месторождении ОАО «Татнефть») в условиях внутрипластового горения, подтвердила ожидания: кратно (при определенных условиях - до 700 %) может быть увеличен дебит скважин (рис.2); значительно снижена обводненность извлекаемой продукции; обеспечено в среднем пятикратное снижение удельных энергетических затрат [10].

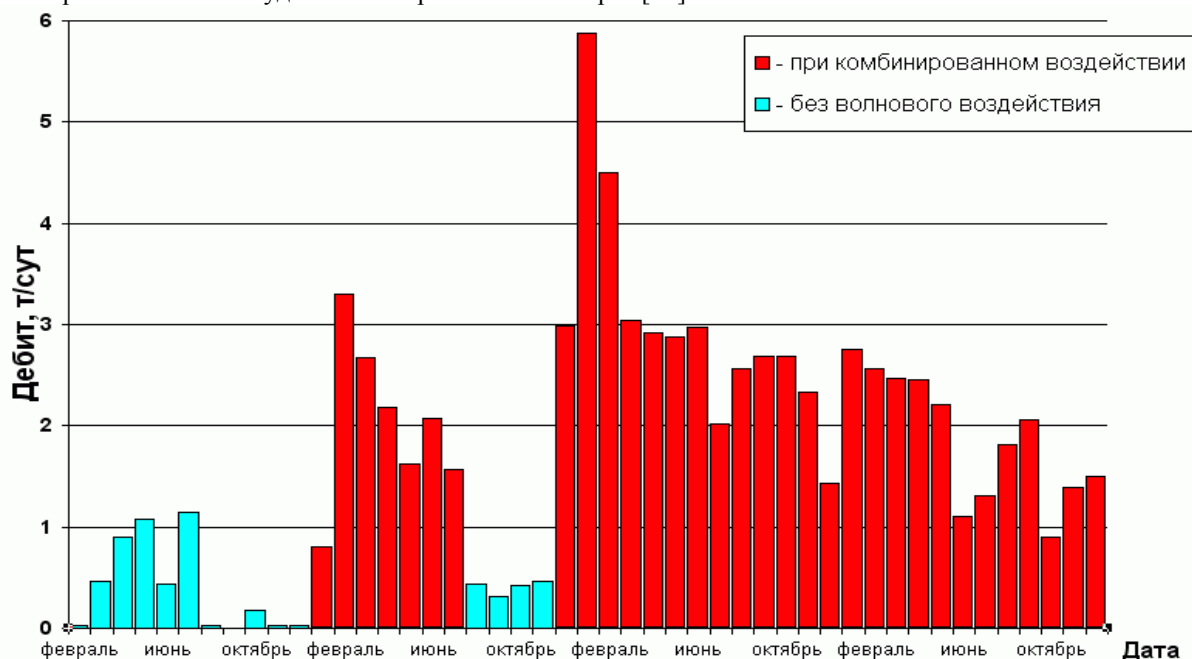


Рис. 2 – Сравнение дебита ПБ при различном воздействии

В качестве примера устройства генерации колебаний, в работах [11, С. 3], [12], предлагается новый тип излучателя на основе эффекта Коанда, предназначенный для генерации низкочастотных колебаний в потоке несжимаемой жидкости. Динамическими испытаниями этого устройства выявлено: обеспечение низкой частоты колебаний; увеличение амплитуды на расчетном режиме; генерация колебаний давления во всем диапазоне изменения приемистости скважин. Испытаниями также не выявлены области неустойчивой генерации колебаний давления [12, С. 44].

Полученные результаты позволяют рассчитывать на достижение рентабельной скважинной добычи природных битумов при эксплуатации горизонтальных скважин. Особо высокий эффект комбинированного воздействия следует ожидать при совмещении волнового воздействия с SAGD - технологией в условиях горизонтальных скважин. Эти ожидания обусловлены тем, что в рассматриваемом случае реализуется линейный источник упругих волн, позволяющий подвергнуть воздействию всю толщу продуктивного пласта на протяжении всей длины горизонтальной скважины. И, благодаря этому, может быть обеспечено эффективное освоение колоссальных запасов ценнейшего природного сырья. Разработанная модель процесса предлагаемого воздействия на продуктивный пласт позволяет выбрать параметры горизонтальных скважин [13]. В работах [9], [14, С. 53] предлагается выбор и определение оптимального режима воздействия на пласт теплофизическими полями, целью которых является интенсификация процесса добычи нефти.

В заключение стоит отметить, что поскольку в России более 80% нефти извлекается за счет нагнетания в пласт воды, газов и других теплоносителей, то во всех указанных случаях комбинированное воздействие может найти широкое применение. Особенно эти методы перспективны на поздних этапах освоения месторождений, когда эффективность традиционных методов существенно снижается. Предполагается, что среди МУН преобладающую часть будут составлять комбинированные методы воздействия на пористые насыщенные среды.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Шандрыгин А.Н. Разработка залежей тяжелой нефти и природного битума методом парогравитационного дренажа (SAGD) / А.Н. Шандрыгин, М.Т. Нухаев, В.В. Тертышный // Нефтяное хозяйство. - 2006. - №6. - С.92-96.
2. Муслимов Р.Х. Новая стратегия нефтяных месторождений в современной России – оптимизация добычи и максимизация КИН / Р.Х. Муслимов // Нефть. Газ. Новации. - 2016. - № 4. - С. 8-17.
3. Хисамов Р.С. Геология и освоение залежей природных битумов Республики Татарстан / Р.С. Хисамов, Н.С. Гатиятуллин, И.Е. Шаргородский // Георесурсы. - 2007. - №3. - С.10.
4. Муслимов Р.Х. Комплексное освоение тяжелых нефтей и природных битумов пермской системы Республики Татарстан / Р.Х. Муслимов, Г.В. Романов, Г.П. Каюкова и другие. - Казань: ФЭН, 2012. - 396 с.
5. Антониади Д.Г. Научные основы разработки нефтяных месторождений термическими методами / Д.Г. Антониади. - М.: Недра, 1995. - 313 с.
6. Липаев А.А. Разработка меторождений тяжелых нефтей и природных битумов / А.А. Липаев. - М.Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2013. - 484 с.

7. Байбаков Н.К. Тепловые методы разработки нефтяных месторождений / Н.К. Байбаков, А.Р. Гарушев. - М.: Недра, 1988. - С. 343.
8. Pineda-Perez L.A. Hydrocarbon Depletion of Athabasca Core at Near Steam-Assisted Gravity Drainage (SAGD) Conditions. / L.A. Pineda-Perez, L. Carbognani, R.J. Spencer, etc. // Energy Fuels. - 2010. - № 24. - P.5947-5954.
9. Гатауллин Р.Н. Интенсификация добычи трудноизвлекаемых углеводородов за счет интегрированного тепловолнового воздействия на пласт / Р.Н. Гатауллин, Я.И. Кравцов, Е.А. Марфин // Нефтяное хозяйство. - 2013. - №1. - С. 90-93.
10. Муслимов Р.Х. Анализ эффективности термоволнового воздействия на Мордово-Кармальском месторождении. / Р.Х. Муслимов, Я.И. Кравцов, Е.А. Марфин и др. // Бурение & Нефть. - 2003. - №1. - С. 18-23.
11. Гатауллин Р.Н. Исследование характеристик излучателя колебаний на основе резонатора Гельмгольца в потоке жидкости / Р.Н. Гатауллин, Я.И. Кравцов, Е.А. Марфин // Прикладная физика и математика. - 2017. - № 3. - С. 3-11.
12. Галимзянова А. Р. Исследование гидродинамического излучателя колебаний для комбинированного воздействия на продуктивный пласт / А.Р. Галимзянова, Р.Н. Гатауллин // Технологии нефти и газа. - 2018. - № 1 (114). - С. 39-44.
13. Гатауллин Р.Н. Определение протяженности горизонтального участка скважины для интегрированного воздействия на пласт / Р.Н. Гатауллин, А.Р. Галимзянова // Технологии нефти и газа. - 2015. - № 4 (99). - С. 44-48.
14. Гатауллин Р.Н. Интенсификация фильтрационных процессов в гетерогенных нефтенасыщенных средах / Р.Н. Гатауллин // Сборник трудов Всероссийской научной конференции «Механика композиционных материалов и конструкций, сложных и гетерогенных сред», 21-23 ноября 2017 г., г. Москва. - М.: ИПРИМ РАН, 2017. - С. 53-55.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Shandrygin A.N. Razrabotka zalezhej tyazhelej nefi i prirodnogo bituma metodom parogravitatsionnogo drenazha (SAGD) [Development of deposits of heavy crude and natural bitumen by a Steam Assisted Gravity Drainage] / A.N. Shandrygin, M.T. Nukhaev, V.V. Tertyshnyj // Neftyanoe khozyajstvo [Oil industry]. - 2006. - №6. - P.92-96. [in Russian]
2. Muslimov R.H. Novaya strategiya neftnykh mestorozhdenij v sovremennoj Rossii - optimizatsiya dobychi i maksimizatsiya KIN [New strategy of oil fields in modern Russia - optimization of production and maximization of EOR] / R.H. Muslimov // Neft. Gaz. Novacii [Oil. Gas. Novations]. - 2016. - № 4. - P. 8-17. [in Russian]
3. Khisamov R.S. Geologiya i osvoeniye zalezhej prirodnkh bitumov Respubliki Tatarstan [Geology and development deposits of natural bitumen of the Republic of Tatarstan] / R.S. Khisamov, N.S. Gatiyatullin, I.Y. Shargorodskiy // Georesursy [Georeources]. - 2007. - №3. - P.10. [in Russian]
4. Muslimov R.H. Kompleksnoye osvoeniye tyazhelykh neftey i prirodnkh bitumov permskoy sistemy Respubliki Tatarstan [Complex development of heavy oils and natural bitumens of the Perm system in Republic of Tatarstan] / R.H. Muslimov, G.V. Romanov, G.P. Kayukova and others. - Kazan: FEN, 2012. - 396 p. [in Russian]
5. Antoniadi D.G. Nauchnyye osnovy razrabotki neftnykh mestorozhdeniy termicheskimi metodami [Scientific foundations of development of oil deposits by thermal methods] / D.G. Antoniadi // - М.: Nedra, 1995. - 313 p. [in Russian]
6. Lipayev A.A. Razrabotka metorozhdeniy tyazhelykh neftey i prirodnkh bitumov [Development of deposits of heavy oils and natural bitumen] / A.A. Lipayev. - M.Izhevsk: Institute for computer research, 2013. - 484 p. [in Russian]
7. Baybakov N.K. Teplovyye metody razrabotki neftnykh mestorozhdeniy [Thermal methods for the development of oil fields] / N.K. Baybakov, A.R. Garushev. - М.: Nedra, 1988. - 343 p. [in Russian]
8. Pineda-Perez, L.A. Hydrocarbon Depletion of Athabasca Core at Near Steam-Assisted Gravity Drainage (SAGD) Conditions. / L.A. Pineda-Perez, L. Carbognani, R.J. Spencer and others // Energy Fuels. - 2010. - № 24. - P.5947-5954.
9. Gataullin R.N. Intensifikatsiya dobychi trudnoizvlekayemykh uglevodorodov za schet integrirovannogo teplovolnovogo vozdeystviya na plast [Intensification the process of hard to recover hydrocarbons reserves extraction by integrated heat-wave influence on layer] / R.N. Gataullin, Y.I. Kravtsov, E.A. Marfin // Neftyanoye khozyaystvo [Oil Industry]. - 2013 - №1. - P. 90-93. [in Russian]
10. Muslimov R.H. Analiz effektivnosti termovolnovogo vozdeystviya na Mordovo-Karmal'skom mestorozhdenii [Analysis of the effectiveness of thermo-wave action on the Mordovo-Karmalskoye field] / R.H. Muslimov, Y.I. Kravtsov, E.A. Marfin and others // Bureniye & Neft' [Drilling & Oil]. - 2003. - №1. - P. 18-23. [in Russian]
11. Gataullin R.N. Issledovaniye kharakteristik izluchatelya kolebaniy na osnove rezonatora Gel'mgol'tsa v potoke zhidkosti [Study of emitter characteristics on the basis of Helmholtz resonator in a fluid flow] / R.N. Gataullin, Ya.I. Kravtsov, Ye.A. Marfin // Prikladnaya fizika i matematika [Applied Physics and Mathematics]. - 2017. - № 3. - P. 3-11. [in Russian]
12. Galimzyanova A. R. Issledovaniye gidrodinamicheskogo izluchatelya kolebaniy dlya kombinirovannogo vozdeystviya na produktivnyy plast [Research of a hydrodynamic emitter for the combined action on productive formation] / A.R. Galimzyanova, R.N. Gataullin // Tekhnologii nefi i gaza [Oil and Gas Technologies]. - 2018. - № 1 (114). - P. 39-44. [in Russian]
13. Gataullin R.N. Opredeleniye protyazhennosti gorizontaln'nogo uchastka skvazhiny dlya integrirovannogo vozdeystviya na plast [Definition the length of horizontal well for the integrated bed stimulation] / R.N. Gataullin, A.R. Galimzyanova // Tekhnologii nefi i gaza [Oil and Gas Technologies]. - 2015. - № 4 (99). - P. 44-48. [in Russian]
14. Gataullin R.N. Intensifikatsiya fil'tratsionnykh protsessov v geterogennykh neftenasyshchennykh sredakh [Intensification of filtration processes in heterogeneous oil-saturated environments] / R.N. Gataullin // Sbornik trudov Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii «Mekhanika kompozitsionnykh materialov i konstruktsiy, slozhnykh i geterogennykh sred» 21-23 noyabrya 2017 g. [Proceedings of the All-Russian scientific conference "Mechanics of composite materials and structures, complex and heterogeneous media", 21-23 november 2017, Moscow] - М.: IPRIM РАН, 2017. - P. 53-55. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.76.10.005>**ОЦЕНКА СКОРОСТИ ГРАВИТАЦИИ ПРИ СОЛНЕЧНОМ ЗАТМЕНИИ 2018 ГОДА В МОСКВЕ**

Научная статья

Гневко А.И.¹, Мукомела М.В.², Соловов С.Н.^{3,*}, Шевченко В.И.⁴, Янушкевич В.А.⁵^{1, 2, 3, 4, 5} Военная академия РВСН имени Петра Великого, Балашиха, Россия

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

Аннотация

Представлены результаты сравнительной экспериментальной оценки скорости гравитации, полученные при измерении приливных явлений во время частичного солнечного затмения 18 августа 2018 года в Москве. Экстремум прилива на экспериментальной установке наблюдался более, чем на 10 минут раньше максимума затмения, что свидетельствует о более высокой скорости гравитации по отношению к скорости света в вакууме. Показана возможность расширения исследований скорости гравитационного взаимодействия в пределах Солнечной системы, что позволит точнее прогнозировать полеты к дальним планетам. Рекомендовано момент экстремума солнечных приливных сил определять, когда приливные силы Луны действуют перпендикулярно солнечным.

Ключевые слова: скорость гравитации, скорость света, солнечное затмение, время приливного экстремума.

ESTIMATION OF SPEED OF GRAVITY DURING SOLAR ECLIPSE IN 2018 IN MOSCOW

Research article

Gnevko A.I.¹, Mukomela M.V.², Solovov S.N.^{3,*}, Shevchenko V.I.⁴, Yanushkevich V.A.⁵

Peter the Great Military Academy of the Strategic Missile Troops, Balashikha, Russia

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

Abstract

The article contains the results of the comparative experimental estimation of the speed of gravity obtained during the measurement of tidal phenomena during a partial solar eclipse on August 18, 2018, in Moscow. The tidal extremum at the experimental setup has been observed more than 10 minutes earlier than the eclipse maximum, which indicates a higher rate of gravitation relative to the speed of light in a vacuum. The possibility of expanding the study of the speed of gravity interaction within the solar system is shown, which enables a more accurate forecast for flights to distant planets. It is recommended to determine the moment of the extreme of the solar and tidal forces when tidal forces of the Moon act perpendicularly to the solar forces.

Keywords: speed of gravity, the speed of light, solar eclipse, time of tidal extremum.

Космическая навигация предполагает всё более точное прогнозирование траекторий полета космических аппаратов, в том числе оценки скорости гравитационного взаимодействия. Особую значимость знание скорости гравитации приобретает с точки зрения экономии массы топлива при полётах к дальним планетам. Вместе с тем, в настоящее время существуют, по меньшей мере, две модели, с помощью которых производится прогноз траекторий. С одной стороны модель Ньютона, в которой скорость гравитационного взаимодействия не ограничивается, с другой уточняющая модель специальной теории относительности Эйнштейна, в которой считается, что скорость всех взаимодействий, в том числе гравитационного, должна быть меньше или равна скорости света в вакууме.

Наиболее известным способом оценки скорости распространения гравитационного взаимодействия тел является способ Лапласа [1]. Сущность способа Лапласа заключается в следующем. Он исходит из того, что формула Ньютона ($F = G(m_1 m_2)/R^2$) определяет силу гравитационного взаимодействия между двумя телами при условии мгновенной скорости распространения гравитационного взаимодействия. Исходя из того, что скорость распространения гравитационных явлений является величиной конечной, Лаплас считает, что действительная гравитационная сила, действующая на тело, должна быть отличной от рассчитанной по формуле Ньютона. В результате гравитационные силы должны вызывать ускорения в движении тела, отличные от расчётных.

При рассмотрении траекторий движения космических тел эти отличия вызваны различной степенью запаздывания распространения гравитационного взаимодействия, которая изменяется при движении тела от афелия к перигелию, так как величина запаздывания зависит от расстояния между телами. По величине отличия сил в зависимости от расстояния определяют время запаздывания. По времени запаздывания при известном расстоянии определяется и скорость распространения гравитационного взаимодействия.

Лаплас проводил оценку скорости распространения гравитационного взаимодействия исходя из наблюдений за траекторией движения Луны. Он предполагал, что «продолжительность его (притяжения от одного тела к другому) передачи, если бы она была для нас ощутима, обнаружилась бы главным образом в вековом ускорении движения Луны» [1]. Основным недостатком предложенного способа является его чрезвычайно низкая точность. Это связано с влиянием на траекторию движения Луны других планет. Так, по первоначальной оценке Лапласа скорость распространения гравитационного взаимодействия в 7 000 000 раз превышала скорость света. После учёта влияния на траекторию движения Луны медленного векового уменьшения эксцентриситета орбиты Земли, которое происходит от возмущений Земли планетами, Лаплас поменял свою оценку и утверждал, что «тяготение передаётся, по крайней мере, в 50 000 000 раз быстрее света» [1].

Существуют и другие теоретические оценки скорости гравитации, основанные на упругой модели физического вакуума, которые предполагают, что скорость гравитации много больше скорости света [2], [3], [4].

Известен также способ определения скорости распространения гравитационного взаимодействия тел [5], основанный на непосредственной регистрации приборами гравитационного взаимодействия тел в лабораторных

условиях. В данном способе проводят наблюдения за массой, движущейся по круговой траектории и создающей гравитационное взаимодействие, определяют параметр, характеризующий гравитационное взаимодействие, по величине которого судят о скорости распространения гравитационного взаимодействия. В качестве параметра используют градиент напряженности гравитационного поля, созданного движущейся массой, который измеряют с помощью гравитационного прибора, расположенного в центре круговой траектории на линии визирования, которая пересекает траекторию движения массы. Одновременно, с помощью оптического прибора, расположенного на линии визирования, регистрируют информацию о прохождении движущейся массы через линию визирования по затмению источника светового излучения, размещенного на линии визирования за движущейся массой. Определяют длительность промежутка времени между этими двумя событиями и по установленной длительности и расстоянию между точкой траектории движения массы, лежащей на линии визирования, и точкой установки гравитационного прибора вычисляют скорость распространения гравитационного взаимодействия тел.

Существенным недостатком данного способа является сложность его осуществления, о чём свидетельствует уже то, что этот способ до сих пор не реализован.

Многолетние трудоемкие работы, в том числе и российских ученых, по изучению гравитации получили признание научной общественности. Нобелевская премия по физике в 2018 году присуждена за подтверждение теории гравитационных волн, полученное с применением гравитационно-волнового интерферометра LIGO [6]. Фундаментальные представления о гравитационных волнах базируются на теории относительности Эйнштейна, в которой их скорость не превышает скорость света. Полученная в результате экспериментов скорость гравитационных волн считается равной скорости света в вакууме. Имеются и другие экспериментальные оценки, согласующиеся с теорией относительности например [7]. Повторить подобные сложные и дорогостоящие измерения крайне трудно. Вместе с тем, имеется возможность более простым способом проверить справедливость теории в части оценки скорости гравитации, например [8], но в этом случае использовался гравиметр направленного действия точность которого подвергалась сомнению. Упростить измерения можно используя явление приливов.

Экспериментальная оценка скорости гравитации проводится путём сравнения времени наступления экстремума прилива с временем наступления солнечного полдня. Известно, что свет от Солнца до земли идет примерно 500 секунд. Поэтому может быть использован один из способов, предложенных в заявках на изобретение [9], [10]. Если момент экстремума прилива наступает в полдень, то скорость гравитации равна скорости света. Если время экстремума прилива наблюдается не в полдень, то скорость гравитации больше или меньше скорости света, в зависимости от момента наступления экстремума. Но указанные способы требуют также использования относительно дорогих в изготовлении устройств.

Поэтому для проведения измерений было собрано устройство, состоящее из стандартных относительно дешевых элементов. Устройство включало две одинаковые сообщающиеся ёмкости, соединенных шлангом. Ёмкости были заполнены водой. Шланг длиной 5 метров был вытянут по горизонтали вдоль прямой север-юг в полдень для Москвы. Над поверхностью ёмкости, в которой производились измерения приливных явлений, располагался круглый пластмассовый сосуд (диаметр 350 мм) с приспособлением для взвешивания и лабораторные весы (изготовитель ОКБ ВЕСТА, модель ВМ 153М – II, гарантированная точность 1 мг). Вес приспособления с сосудом и грузом, который располагался в сосуде, составлял 140 г. Сосуд частично погружался в воду ёмкости, в которой производились измерения. Вес приспособления и сосуда с грузом в связи с выталкивающей силой воды упал до 60 г. Измерения веса производились непрерывно с записью результатов в память компьютера. В отличие от реальных приливов, которые происходят по сложной зависимости от времени и географического положения, изменения уровня воды в ёмкостях занимало менее 10 секунд.

Устройство позволяло примерно в 1000 раз повысить чувствительность приливных измерений за счёт увеличения выталкивающей силы воды (увеличения площади сосуда, погруженного в ёмкость при одинаковом приливном подъёме уровня жидкости).

Поскольку измерения проводились в период солнечного затмения приливные силы от Луны и Солнца складывались, что дополнительно увеличивало эффект. Анализ результатов измерений показал, что экстремум приливных сил наступает на 10 – 20 минут раньше, чем минимум освещенности, наблюдавшийся в 12.47 по московскому времени.

Обнаруженные различия во времени наступления экстремума солнечного прилива и светового полдня дают основания предполагать, что скорость гравитации много выше скорости света в вакууме. Отличительной особенностью данных измерений является то, что они легко могут быть повторены даже на уроках в школе (за исключением солнечного затмения). Полученные результаты поэтому могут легко быть подтверждены или опровергнуты другими исследователями. То, что скорость гравитации может быть выше скорости света не означает отрицания теории относительности в других её подтверждённых проявлениях.

Расчётная оценка точности выполненных экспериментов показывает, что величина солнечных приливов, которая обнаружена гравиметрическими измерениями (порядка 50 микроГал [11]), достаточна для обнаружения (с помощью использованной установки) возможных различий во времени наступления гравитационного экстремума и светового полдня.

Более точные измерения приливного влияния Солнца могут выполняться дважды в лунный месяц, когда приливные силы Луны направлены перпендикулярно приливным силам Солнца. Другие направления повышения точности могут быть связаны с заменой воды, например ртутью, и увеличением длины шланга.

Таким образом, разработанное устройство позволит расширить исследование гравитационного взаимодействия, прежде всего, в пределах Солнечной системы, что обеспечит возможность точнее прогнозировать полеты космических аппаратов к дальним планетам. Вместе с тем, в случае более полного подтверждения сверхсветовой скорости гравитационного взаимодействия откроются новые направления развития физических теорий.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Лаплас П. С. Изложение системы мира / П. С. Лаплас. – Л.: Наука, 1982. – С. 309.
2. Дубровский В. А. Упругая модель физического вакуума / В. А. Дубровский // Доклады АН СССР. – 1985. – т. 282, №1. – С. 83–88.
3. Дмитриев В. П. Упругая модель физического вакуума / В. П. Дмитриев // Известия РАН. Механика твердого тела. – 1992. – № 6. – С. 66–79.
4. Гневко А. И. О построении «теории всего» на основе аналогий в поведении физического вакуума и твердого тела : монография / А. И. Гневко, С. Н. Соловов, В. А. Янушкевич. – М.: Буки Веди, 2017 – 126 с.
5. Пат. 2124743 Российская Федерация, МПК⁶ G 01 V 7/00. Способ определения скорости распространения гравитационного взаимодействия тел / Гинтер А. В.; заявитель и патентообладатель Гинтер Анатолий Владимирович. – № 98101234/25; заявл. 02.02.1998; опубл. 10.01.1999.
6. Нобелевская премия по физике вручена ученым из США за подтверждение теории гравитационных волн [Электронный ресурс] / первый канал. Новости от 3 октября 2017, 18:33 - URL: https://www.1tv.ru/news/2017-10-03/333781-nobelevskaya_premiya_po_fizike_vruchena_uchenym_iz_ssha_zh_podtverzhdenie_teorii_gravitatsionnyh_voln (дата обращения: 21.08.2018).
7. Formalont E. B. The Measurement of the Light Deflection from Jupiter: Experimental Results [text] / E. B. Formalont, S. M. Kopeikin // TheAstrophysicalJournal, – 2003. – Vol. 598, No. 1. – P. 704-711.
8. Орлов Е. Ф. Экспериментальное измерение скорости распространения гравитационного взаимодействия. Часть 1 // Исследования в области естественных наук. 2013. № 5 [Электронный ресурс]. URL: <http://science.snauka.ru/2013/05/4977>, свободный. (дата обращения: 08.06.2018).
9. Заявка на изобретение 2016138733 Российская Федерация, МПК-2016.01 G 01 V 7/00. Способ оценки скорости распространения гравитационных явлений / Гневко А. И., Соловов С. Н., Мукомела М. В. и др. ; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования "Военная академия Ракетных войск стратегического назначения имени Петра Великого" Министерства обороны Российской Федерации. – № 2016138733; заявл. 30.09.2016 ; опубл. 02.04.2018 Бюл. № 10.
10. Заявка на изобретение 2018110851/20(016815) Российская Федерация, МПК-2016.01 G 01 P 3/00, G 01 V 7/00. Способ оценки скорости распространения гравитационных явлений / Гневко А. И., Желкобаев Ж. Е., Мукомела М. В. и др. заявитель и патентообладатель Гневко А.И., Желкобаев Ж.Е., Мукомела М.В., Соловов С.Н., Чалкин С.Ф., Янушкевич В.А. – № 2018110851/20(016815); заявл. 27.03.2018.
11. Грушинский Н. П. Основы гравиметрии / Н. П. Грушинский. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1983. – 352 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Laplas P. S. Izlozhenie sistemy mira [Statement of the world system] / P. S. Laplas. – L.: Nauka, 1982. 3. 309. [in Russian]
2. Dubrovskij V. A. Uprugaya model' fizicheskogo vakuuma [Elastic model of physical vacuum] / V. A. Dubrovskij // Doklady AN SSSR [Reports of the USSR Academy of Sciences], V. 282, 1985, No.1, P. 83–88. [in Russian]
3. Dmitriev V. P. Uprugaya model' fizicheskogo vakuuma [Elastic model of physical vacuum] [text] / V. P. Dmitriev // Izvestiya RAN. Mekhanika tverdogo tela [Izv. Solid mechanics], 1992, No. 6, P. 66–79. [in Russian]
4. Gnevko A. I. O postroenii «teorii vsego» na osnove analogij v povedenii fizicheskogo vakuuma i tverdogo tela [About building a "theory of everything" based on the analogies in the behavior of the physical vacuum and the solid body] / A. I. Gnevko, S. N. Solovov, V. A. YAnushkevich. – M.: Buki Vedi, 2017 – 126 P. [in Russian]
5. Pat. 2124743 Russian Federation, MPK6 G 01 V 7/00. Sposob opredeleniya skorosti rasprostraneniya gravitacionnogo vzaimodejstviya tel [Method for determining the velocity of the gravitational interaction of bodies] / Ginter A. V.; applicant and patent holder Ginter Anatolij Vladimirovich. – № 98101234/25; Appl. 02.02.1998; publ. 10.01.1999. [in Russian]
6. Nobelevskaya premiya po fizike vruchena uchenym iz SSHA za podtverzhdenie teorii gravitacionnyh voln [The Nobel prize in physics was awarded to scientists from the United States for confirmation of the theory of gravitational waves] [Electronic resource] / News from October 3, 2017, 18:33, URL: https://www.1tv.ru/news/2017-10-03/333781-nobelevskaya_premiya_po_fizike_vruchena_uchenym_iz_ssha_zh_podtverzhdenie_teorii_gravitatsionnyh_voln, (accessed: 21.08.2018). [in Russian]
7. Formalont E. B. The Measurement of the Light Deflection from Jupiter: Experimental Results [text] / E. B. Formalont, S. M. Kopeikin // TheAstrophysicalJournal, – 2003. – Vol. 598, No. 1. – P. 704-711.
8. Orlov E. F. Ehksperimental'noe izmerenie skorosti rasprostraneniya gravitacionnogo vzaimodejstviya. [Experimental measurement of the velocity of the gravitational interaction] Part 1 // Issledovaniya v oblasti estestvennyh nauk [Research in the field of natural Sciences]. 2013. No. 5 [Electronic resource]. URL: <http://science.snauka.ru/2013/05/4977> (accessed: 08.06.2018). [in Russian]
9. The application for the invention 2016138733 Russian Federation, MPK-2016.01 G 01 V 7/00. Sposob ocenki skorosti rasprostraneniya gravitacionnyh yavlenij [A method of estimating the speed of propagation of gravitational phenomena] / Gnevko A. I., Solovov S. N., Mukomela M. V. and others; applicant and patent holder Federal state military educational institution of higher professional education "Military Academy of strategic Missile forces named after Peter the Great" of the Ministry of defence of the Russian Federation. – № 2016138733; declared. 30.09.2016 ; publ. 02.04.2018 Byul. No. 10. [in Russian]
10. The application for the invention 2018110851/20(016815) Russian Federation, MPK-2016.01 G 01 P 3/00, G 01 V 7/00. Sposob ocenki skorosti rasprostraneniya gravitacionnyh yavlenij [A method of estimating the speed of propagation of gravitational phenomena] / Gnevko A. I., Zhelkobaev ZH. E., Mukomela M. V. and others; applicant and patent holder Gnevko A.I., Zhelkobaev Zh.E., Mukomela M.V., Solovov S.N., Chalkin S.F., Yanushkevich V.A. – № 2018110851/20(016815); declared.. 27.03.2018. [in Russian]

11. Grushinskij N. P. Osnovy gravimetrii [Basics of gravimetry] / N. P. Grushinskij. – М.: Nauka. Glavnaya redakciya fiziko-matematicheskoy literatury [Science. Home edition physical and mathematical literature], 1983. – 352 p. [in Russian]

DOI: [https://doi.org/ 10.23670/IRJ.2018.76.10.006](https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.76.10.006)

МИНИ-СПЕКТРОМЕТР ДЛЯ СМАРТФОНА

Научная статья

Даниловских М.Г.^{1,*}, Винник Л.И.², Стрещук В.А.³

¹ ORCID: 0000-0002-4603-0745;

² ORCID: 0000-0002-8458-5944,

^{1, 2, 3} Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого, Великий Новгород, Россия

* Корреспондирующий автор (mikhail.danilovskikh[at]novsu.ru)

Аннотация

В статье рассматривается вопрос создания мини-спектрометра для смартфона с целью получения, обработки спектров в диапазоне 400-760 нм и отображения их на экране смартфона. Мини-спектрометр на базе смартфона используется в качестве комбинированной автономной системы позволяющей выполнять спектроскопические измерения в режиме реального времени в полевых условиях. Результаты обработки измерений могут храниться в памяти смартфона или могут быть переданы на удаленную станцию для более качественной обработки.

Ключевые слова: экспресс-анализ, входная щель, диспергирующий элемент, акриловый световод, детектор.

MINI SPECTROMETER FOR SMARTPHONE

Research article

Danilovskikh M.G.^{1,*}, Vinnik L.I.², Streshchuk V.A.³

¹ ORCID: 0000-0002-4603-0745;

² ORCID: 0000-0002-8458-5944,

^{1, 2, 3} Yaroslav-the-Wise Novgorod State University, Veliky Novgorod, Russia

* Correspondent author (mikhail.danilovskikh[at]novsu.ru)

Abstract

The article discusses the creation of a mini spectrometer for a smartphone to obtain and process spectra in the range of 400-760 nm and display them on the smartphone screen. A mini spectrometer for a smartphone is used as a combined autonomous system enabling users to perform spectroscopic measurements in real time in the field. The results of processing measurements can be stored in the smartphone memory or can be transferred to a remote station for better processing.

Keywords: rapid analysis, entrance slit, dispersing element, acrylic beam waveguide, detector.

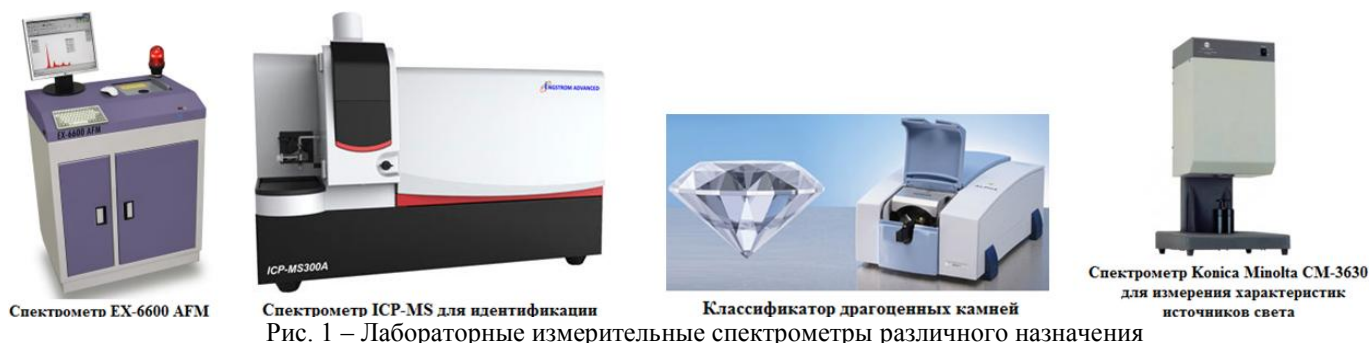
Введение

Спектральные методы анализа — это методы, основанные на изучении взаимодействия электромагнитного излучения с исследуемым веществом. При этом изучается распределение исследуемых параметров по длинам волн излучения или энергиям квантов.

Спектральные методы анализа, работающие в инфракрасном (ИК), видимом и ультрафиолетовом (УФ) диапазонах называют оптическими. Они больше всего применяются в спектральных исследованиях вследствие сравнительной простоты оборудования для получения и регистрации спектра.

Спектральные методы анализа успешно применяются во многих областях науки и техники. Примерами могут служить криминалистика, токсикология, геммология, органический синтез новых соединений, медицина, экология, металлургия и т.д.

Спектральные анализы выполняют, как правило, в лабораториях, оснащенных современными спектральными приборами (рис. 1) и имеющих квалифицированный персонал.



Часто возникает необходимость в проведении «экспресс-анализа» — спектрального анализа на месте нахождения анализируемого объекта с целью одномоментной оценки, а также при возникновении чрезвычайных ситуаций. В этом случае дорогое, габаритное и сложное лабораторное измерительное оборудование не может быть использовано.

В настоящее время для экспресс-анализа в полевых условиях применяют либо простые оптические спектрометры, пользоваться которыми могут только специалисты либо дорогостоящие мини-спектрометры (стоимостью от 50000

рублей и выше) (рис. 2). Мини-спектрометры — это отдельные устройства, некоторые из них имеют возможность подключения к смартфону для передачи данных о снятых спектрах в общую базу данных.

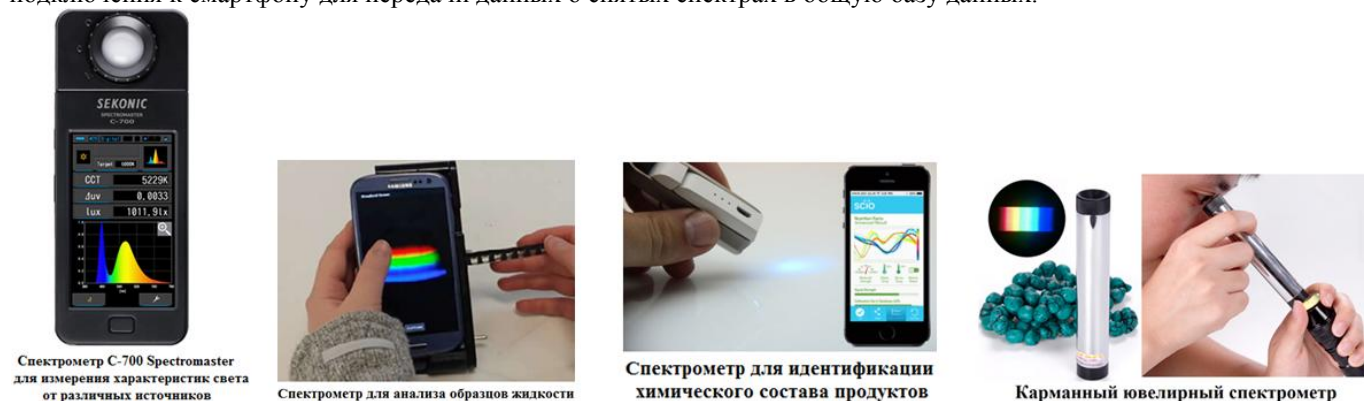


Рис. 2 – Примеры мини-спектрометров различного назначения

Создание комбинированной автономной системы на базе смартфона позволит выполнять спектроскопические измерения в режиме реального времени в полевых условиях, используя такие достоинства спектрального «экспресс-анализа», как простота, доступность, оперативность, портативность используемой аппаратуры, без необходимости в использовании дорогостоящей аппаратуры.

Основные сведения

Спектрометр представляет собой систему визуализации, распределяющую множество монохроматических изображений в плоскости детектора.

Типичная оптическая схема спектрометра в основном содержит элемент определяющий размер светового потока (входная щель), диспергирующий элемент (разложение в спектр) и элемент детектирования (регистрации спектра).

Входная щель спектрометра функционирует как входной интерфейс, от входной щели зависят такие рабочие характеристики спектрометра как спектральное разрешение и пропускная способность, поскольку она задает размер светового потока, попадающего на оптическую часть. Щели могут иметь разную ширину — от 5мкм до 800мкм и более, высота щели составляет 1мм (стандартно) — 2мм. В основном в спектрометрах применяются щели шириной 10, 25, 50, 100, 200мкм и т.д.

В качестве диспергирующего элемента применяется в основном дифракционная решетка формирующая спектр длин волн света. Правильный выбор дифракционной решетки является важным фактором для получения требуемых характеристик спектра. От решетки зависит оптическое разрешение и эффективность распределения в спектре. Основным параметром нарезной решётки является частота штрихов.

Детектор, подключенный к спектрометру, может анализировать выходной сигнал, называемый спектром, для количественного определения каждого компонента длины волны, присутствующего во входном сигнале. В современных спектрометрах в качестве регистрирующего устройства применяются детекторы на линейных- и ПЗС-матрицах, являющихся следующим шагом развития спектрометров со штриховой решеткой. Поскольку случайный свет попадает на пиксели через ПЗС-матрицу, то каждый пиксель берет на себя часть спектра, который электронная система прибора может преобразовать и отобразить с помощью программного обеспечения. Это преимущество позволяет конструировать спектрометры без подвижных компонентов, что приводит к сокращению размеров и энергопотребления. Применение компактных многоэлементных детекторов — это резкое сокращение затрат, компактные размеры спектрометров, которые получили название «мини-спектрометры».

Конструкция мини-спектрометра

Современный смартфон — это мощное вычислительное устройство, обладающее многочисленными расширенными возможностями, включая: встроенный процессор для обработки данных, ЖК-дисплей для отображения в реальном времени, порт USB для обмена информацией с внешними приемниками/источниками, операционная система для поддержки рабочей среды и возможность беспроводной связи для подключения к другим сотовым телефонам или интернету.

Все эти соображения делают смартфон идеальной платформой для поддержки приложений реального времени, связанных со спектрометром. С другой стороны, физически невозможно интегрировать спектрометр в смартфон, если размер/объем спектрометра существенно не уменьшится.

Таким образом, задача заключалась в создании мини-спектрометра для смартфона, работающего в первом порядке длин волн, с целью регистрации, первичной обработки спектра, определения длин волн в диапазоне 400-760нм, оценки качества спектра источника излучения и выявления его особенностей.

Это достигается тем, что мини-спектрометр состоящий из непрозрачного корпуса крепится на смартфон. Внутри непрозрачного корпуса размещено оптически однородное монолитное тело из акрила, с одной стороны которого вклеена проходная пластиковая дифракционная решётка, с другой стороны сформировано выходное зеркало для проецирования спектра на камеру смартфона. Камерой смартфона производится регистрация спектра излучения, процессором смартфона производится обработка параметров регистрируемого спектра согласно специально разработанной программе. Результат обработки спектра выводится на экран смартфона.

Оптически однородное монолитное акриловое тело в мини-спектрометре применено для устранения проблем связанных с юстировкой, регулировкой, вибрацией и т.д. Неиспользуемые поверхности акрилового тела покрываются черным эпоксидным клеем с показателем преломления приблизительно равным показателю преломления акрилового тела.

Общий вид мини-спектрометра укрепленного на смартфоне, показан на (рис. 3).



Рис. 3 – Мини-спектрометр укрепленный на смартфоне

Мини-спектрометр (рис. 4) состоит из акрилового световода 1, входной щели 2 расположенной на щелевой камере 3, пластиковой дифракционной решетки 4, вклеенной на входной поверхности 5 монолитного акрилового тела 6, выходной поверхности 7, срезанной под углом 45° , покрытой алюминием и фторидом магния для защиты алюминиевого покрытия от окисления на воздухе, и являющейся выходным зеркалом для проецирования спектра на камеру смартфона.

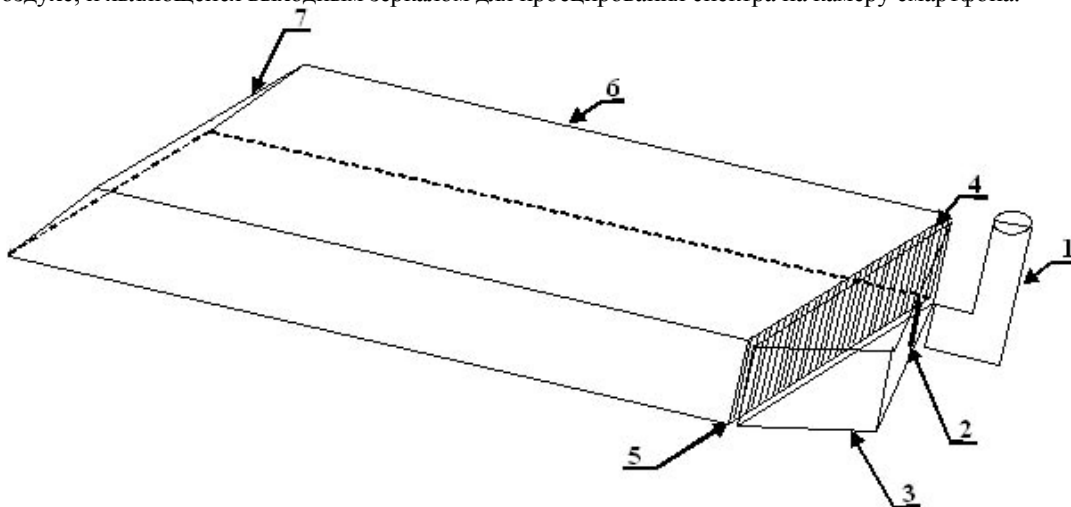


Рис. 4 – Конструкция оптической схемы мини-спектрометра

Работает мини-спектрометр следующим образом. Излучение исследуемого источника света через акриловый световод 1 проецируется на щель 2 ($4 \times 0,2\text{мм}$), находящуюся на щелевой камере 3 под скользящим углом 35° . Далее изображение щели проецируется на проходящую пластиковую дифракционную решётку 4 (1000штр./мм), вклеенную на входную поверхность 5 монолитного акрилового тела 6. Разложенное решёткой в спектр изображение щели, пройдя монолитное акриловое тело, поступает на плоское зеркало 7 и, отразившись от него, проецируется в объектив камеры смартфона.

На (рис. 5) представлен экран смартфона с интерфейсом программы управления, регистрации и обработки спектра излучения.

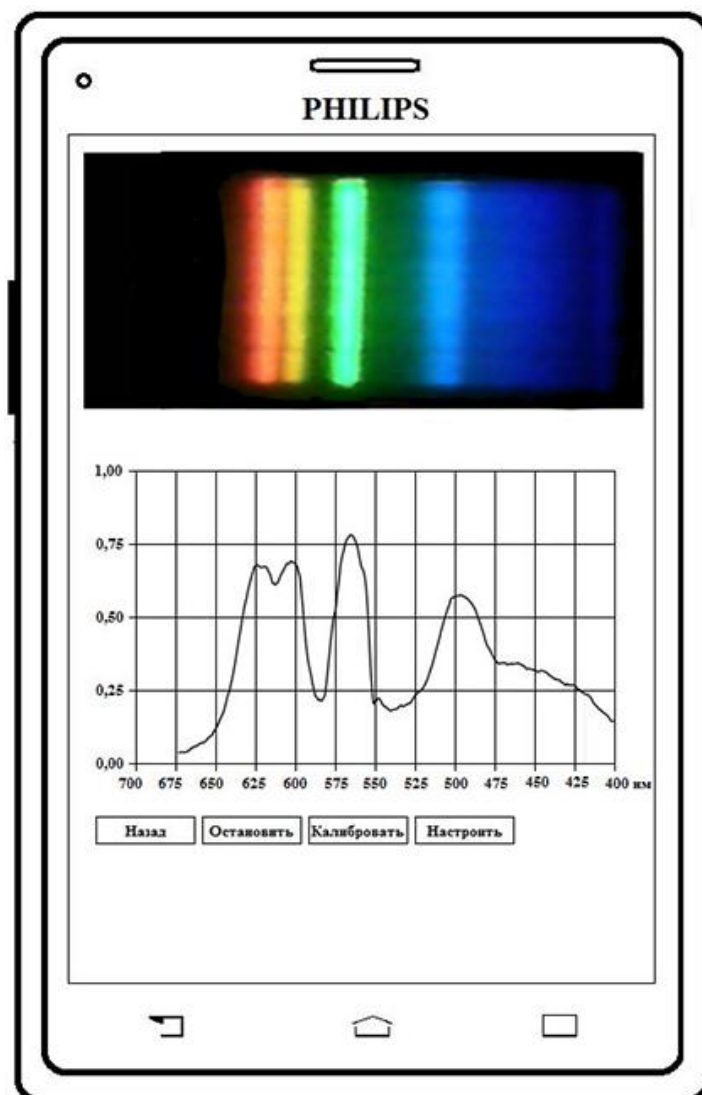


Рис. 5 – Экран смартфона с интерфейсом программы

Заключение

Таким образом, применение комбинированной автономной системы мини-спектрометр/смартфон удобно для пользователя, т.к. позволяет быстро производить регистрацию спектра, визуально наблюдать полученное изображение спектра излучения, оперативно обрабатывать полученное изображение. Специально разработанная программа позволяет выполнять три базовых спектроскопических измерения, а именно: измерять спектры поглощения, отражения и испускания. Интерфейс программы позволяет выбирать способ обработки спектра, отобразить данные в режиме реального времени, оценить работу спектрометра и оперативно изменить настройки, сразу же отобразить результат изменения и сохранить данные, а при необходимости передать данные посредством Интернет на удаленную станцию для дальнейшей обработки.

На данную разработку была подана заявка на полезную модель. На данный момент получено положительное решение о выдаче патента на полезную модель.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Ландсберг Г.С. Оптика. Учеб. пособие: Для вузов. — 6-е изд., стереот. -М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 848 с.
2. Пейсахсон И.В. Оптика спектральных приборов. Изд. 2-е, доп. И перераб. Л.: Машиностроение, 1975. 312 с.
3. Зайдель А.Н. Техника и практика спектроскопии / Зайдель А.Н., Островская Г.В., Островский Ю.И. // М.: Наука, 1972.
4. Лебедева В.В. Экспериментальная оптика. - 4-е изд.- М.: Физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, 2005. – 282 с.
5. Павлычева Н.К. Спектральные приборы с неклассическими дифракционными решетками. Казань: Издательство Казан, гос. техн. ун-та, 2003. 198 с.

6. Путьмаков А.Н. Новые возможности модернизированных спектральных приборов / Путьмаков А.Н., Попов В.И., Лабусов В.А. и др. // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. Специальный выпуск. 2007. Т. 73. С. 26-28.

7. Васильева И.Е. Градуировка методик атомно-эмиссионного анализа с компьютерной обработкой спектров / Васильева И.Е., Кузнецов А.М., Васильев И.Л. и др. // Журнал аналит. Химии. 1997. Т. 52, № 12. С. 1238-1248.

8. Спектральный анализ чистых веществ / под ред. Х.И. Зильберштейна. Санкт-Петербург: Химия, 1994.

9. Лабусов В.А. Многоканальный спектрометр «Колибри-2» и его использование для одновременного определения щелочных и щелочноземельных металлов методом пламенной фотометрии / Лабусов В.А., Путьмаков А.Н., Саушкин М.С. и др. // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. Специальный выпуск. 2007. Т. 73. С. 35-39.

10. Решение о выдаче патента на полезную модель № 2487 от 25.09. 2018г. как «Мини-спектрометр для смартфона»

Список литературы на английском языке/ References in English

1. Landsberg G.S. Optika. [Optics] Study Guide: For universities. - 6th ed., stereotyped. - М.: FIZMATLIT, 2003. - 848 p. [in Russian]

2. Peisakhson I.V. Optika spektralnykh priborov. [Optics of Spectral Instruments] 2nd ed., suppl. and rev. L.: Mechanical Engineering, 1975. 312 p. [in Russian]

3. Zaydel A.N. Tekhnika i praktika spektroskopii. [Technique and Practice of Spectroscopy] / Zaydel A.N., Ostrovskaya G.V., Ostrovskii Yu.I. // М.: Nauka, 1972. [in Russian]

4. Lebedeva V.V. Eksperimentalnaya optika. [Experimental Optics] -4th ed. - М.: Physical Faculty of Lomonosov Moscow State University, 2005. - 282 p. [in Russian]

5. Pavlycheva N.K. Spektralnye pribory s neklassicheskimi difraktsionnymi reshetkami. [Spectral Instruments with Non-classical Diffraction Gratings] Kazan: Kazan Publishing, State Tech. Un, 2003. 198 p. [in Russian]

6. Putmakov A.N. Novye vozmozhnosti modernizirovannykh spektralnykh priborov [New Features of Upgraded Spectral Instruments] / Putmakov A.N., Popov V.I., Labusov V.A. and others // Zavodskaya laboratoriya. Diagnostika materialov. Spetsial'nyy vypusk [Factory Laboratory. Diagnostics of Materials. Special Issue]. 2007. V. 73. P. 26-28. [in Russian]

7. Vasilieva I.E. Graduirovka metodik atomno-emissionnogo analiza s kompyuterno obrabotkoi spektrov [Graduation of Methods of Atomic Emission Analysis with Computer Processing of Spectra] / Vasilieva I.E., Kuznetsov A.M., Vasiliev I.L. and others // Zhurnal analit. Khimii [Analytical Chemistry Magazine] 1997. V. 52, No. 12. P. 1238-1248. [in Russian]

8. Spektralnyi analiz chistykh veshchestv [Spectral Analysis of Individual Substances] / ed. by Kh.I. Silberstein. St. Petersburg: Chemistry, 1994. [in Russian]

9. Labusov V.A. Mnogokanalnyi spektrometr «Kolibri-2» i ego ispolzovanie dlia odnovremennogo opredeleniya shchelochnykh i shchelochnozemelnykh metallov metodom plamennoi fotometrii [Multichannel Spectrometer “Kolibri-2” and its Use for Simultaneous Determination of Alkali and Alkaline-earth Metals by Flame Photometry] / Labusov V.A., Putmakov A.N., Saushkin M.S. and others // Zavodskaya laboratoriya. Diagnostika materialov. Spetsial'nyy vypusk [Factory Laboratory. Diagnostics of Materials. Special Issue]. 2007. V. 73. P. 35-39. [in Russian]

10. Reshenie o vydache patenta na poleznuyu model № 2487 ot 25.09. [Decision to Grant a Patent for a Utility Model No. 2487 from 25.09] 2018. as “Mini-spectrometer for smartphone.” [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.76.10.007>

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ ЧАСТОТЫ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ МОДУЛЯЦИИ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТРЕХМЕРНОЙ ГЕОМЕТРИИ СЛОЖНОПРОФИЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ ФАЗОВОЙ ТРИАНГУЛЯЦИИ

Научная статья

Двойнишников С.В.^{1,*}, Куликов Д.В.², Садбаков О.Ю.³, Бакакин Г.В.⁴, Павлов В.А.⁵, Меледин В.Г.⁶¹ ORCID: 0000-0002-0018-7675;² ORCID: 0000-0002-8516-5263;³ ORCID: 0000-0001-6784-4273;⁴ ORCID: 0000-0003-4712-7861;⁵ ORCID: 0000-0003-3765-342X,^{1, 2, 3, 4, 5, 6} Институт теплофизики им. С.С.Кутателадзе СО РАН, Новосибирск, Россия

* Корреспондирующий автор (dv.s[at]mail.ru)

Аннотация

В работе предложен метод определения оптимальной частоты пространственной модуляции для измерения трехмерной геометрии на основе структурированного освещения и фазовых шагов. Метод основан на построении амплитудно-частотной характеристики измерительного тракта по данным, полученным в процессе формирования световой засветки, реализующей код Грея. В результате данный метод измерения позволяет создать универсальный алгоритм управления измерительным комплексом, обеспечивающим измерение трехмерной геометрии методом фазовых шагов с наименьшей погрешностью при произвольных светорассеивающих свойствах поверхности.

Ключевые слова: фазовая триангуляция, трехмерные измерения, частота модуляции, структурированной освещение.

METHOD FOR DETERMINATION OF OPTIMUM FREQUENCY OF SPATIAL MODULATION FOR MEASUREMENT OF THREE-DIMENSIONAL GEOMETRY OF COMPLEX PROTECTIVE OBJECTS BASED ON PHASE TRIANGULATION

Research article

Dvoynishnikov S.V.^{1,*}, Kulikov D.V.², Sadbakov O.Yu.³, Bakakin G.V.⁴, Pavlov V.A.⁵, Meledin V.G.⁶¹ ORCID: 0000-0002-0018-7675;² ORCID: 0000-0002-8516-5263;³ ORCID: 0000-0001-6784-4273;⁴ ORCID: 0000-0003-4712-7861;⁵ ORCID: 0000-0003-3765-342X,^{1, 2, 3, 4, 5, 6} Kutateladze Institute of Thermophysics, SB of RAS, Novosibirsk, Russia

*Corresponding author (dv.s[at]mail.ru)

Abstract

A method for determining the optimal frequency of spatial modulation for measuring three-dimensional geometry based on structured illumination and phase steps is proposed in the paper. The method is based on the construction of the amplitude-frequency characteristic of the measuring path according to data obtained during the light formation process, implementing the Gray code. As a result, this method of measurement makes it possible to develop a universal control algorithm for a measuring complex that provides the measurement of three-dimensional geometry by the method of phase steps with the smallest error for arbitrary light scattering properties of the surface.

Keywords: phase triangulation, three-dimensional measurements, modulation frequency, structured illumination.

Методы измерения геометрии сложных трехмерных объектов на основе триангуляционного принципа с использованием фазово-структурированного освещения активно развиваются и совершенствуются [1]. Простота их использования, низкая себестоимость комплектующих для создания измерительной системы и широкое применение в промышленных технологиях, научных исследованиях, медицине и строительстве подтверждает актуальность и востребованность исследований в области измерения трехмерной геометрии поверхности объектов методами оптической фазовой триангуляции и структурированного освещения.

В методе фазовой триангуляции погрешность определения фазы зависит от количества фазовых изображений N и относительной погрешности фотоприемника $\Delta I / I$ [2]:

$$\Delta \varphi = \Delta I / (I \sqrt{N}) \quad (1)$$

Погрешность измерения координаты Z (глубины сцены), согласно [4] можно оценить, основываясь на геометрическом расположении оптических элементов в измерительной схеме:

$$\Delta z = \frac{\Delta \varphi \cdot p}{2\pi \cdot \tan \theta} = \frac{\Delta I \cdot p}{2\pi \cdot I \cdot \sqrt{N} \cdot \tan \theta}, \quad (2)$$

где p – период пространственной модуляции излучения, θ – угол триангуляции.

Из выражения (2) видно, что погрешность определения z координаты обратно пропорциональна частоте пространственной модуляции излучения. Отсюда получаем, что для минимизации погрешности измерения методом фазовых шагов необходимо обеспечить минимальный период пространственной модуляции оптического излучения.

Очевидно, что если уменьшать период пространственной модуляции излучения, то будет снижаться и диапазон измерения в методе фазовой триангуляции, так как фазовые значения могут однозначно восстанавливаться только в пределах периода. Чтобы увеличить диапазон измерения существует большое количество различных методов развертывания фазового поля, активно применяемых в интерферометрии. Известны алгоритмы, в которых для определения полной фазы на изображениях используют априорные данные об форме исследуемого объекта [3]. Существуют алгоритмы для восстановления полной фазы с помощью целочисленного анализа. Метод предусматривает формирование засветки объекта в виде серии фазовых изображений с различными кратными периодами пространственной модуляции излучения [4]. Наиболее перспективным для применения в триангуляционных измерениях с использованием структурированного освещения являются методы расширения диапазона измерения на основе комбинации метода фазовых шагов и метода бинарного кодирования пикселей [5], [6], [7]. Такой подход обеспечивает наилучшую точность измерений при проецировании наименьшего количества структурированных засветок.

На практике существуют ограничения на пространственное разрешение формируемого изображения оптической системой. Из-за ограниченной глубины резкости источника и приемника оптического излучения, аберрационных искажений оптических элементов измерительной системы невозможно получить абсолютно резкое изображение. Поэтому, необходимо определять частоту пространственной модуляции оптического излучения исходя из следующих условий. С одной стороны, частота излучения должна быть меньше, чем частота эквивалентного низкочастотного фильтра, которым является оптическая система измерителя. С другой стороны пространственная частота должна быть максимально большой для обеспечения минимальной погрешности измерения.

Как правило, данную проблему решают путем прямого выбора частоты пространственной модуляции при проектировании измерительной системы. Такой подход будет достаточно эффективен при измерении единообразных объектов с одинаковыми параметрами измерения. Однако в случае необходимости обеспечить высокоточные измерения сложнопрофильных объектов, свободно ориентированных в пространстве, такой подход может стать источником дополнительных ошибок измерения.

Известен метод оценки оптимальной пространственной модуляции на основе пространственно-частотного анализа наблюдаемого фотоприемником изображения [8]. Метод является достаточно трудоемким и при неудачном выборе структурного освещения может дать неточную оценку оптимальной частоты.

В данной работе предложен другой метод оценки оптимальной частоты пространственной модуляции. Метод заключается в выполнении 4-х шаговой процедуры измерения: на первом шаге на поверхности измеряемого объекта формируются изображения, кодирующие по горизонтальной координате рефлективный бинарный код Грея [9]; на втором шаге определяют оптимальную частоту пространственной модуляции на основе полученных изображений; на третьем шаге формируют фазовые изображения с оптимальной частотой пространственной модуляции; на четвертом шаге вычисляют фазовый сдвиг и развертывают фазу на основе результатов измерения кодом Грея.

Оценка оптимальной частоты пространственной модуляции выполнялась следующим образом. Для каждой засветки в коде Грея вычисляется средняя наблюдаемая амплитуда источника излучения. Для этого на поверхность измеряемого объекта проецируют черно-белое изображение, соответствующее текущему шагу алгоритма и его негатив: изображение, где вместо черных полос формируются белые, а вместо белых - черные. Средняя амплитуда определяется по формуле:

$$A_i = \frac{\sum_x \sum_y |G_i(x,y) - G_i^*(x,y)| \cdot \delta_i(x,y)}{\sum_x \sum_y \delta_i(x,y)}, \quad (3)$$

где $G_i(x,y)$ – наблюдаемая яркость на изображении в точке с координатами (x,y) при проецировании засветки, кодирующей i -й шаг кода Грея, $G_i^*(x,y)$ – наблюдаемая яркость на изображении в точке с координатами (x,y) при проецировании негатива засветки, кодирующей i -й шаг кода Грея, $\delta_i(x,y)$ – функция, определяющая видит ли фотоприемник в точке с координатами (x,y) сигнал от проектора:

$$\delta_i(x,y) = |G_i(x,y) - G_i^*(x,y)| > N, \quad (4)$$

где N – порог, определяемый уровнем шумов на наблюдаемых изображениях.

Далее формируется функция зависимости средней амплитуды наблюдаемой засветки от частоты пространственной модуляции:

$$F_i = \frac{1}{T_i} = \frac{2^i}{N}, \quad (5)$$

где N – горизонтальное разрешение проектора, а период пространственной модуляции в коде Грея совпадает со степенью 2 порядкового номера засветки. Полученная зависимость $A(F)$ является амплитудно-частотной характеристикой тракта источник-приемник оптического излучения измерительного комплекса.

Из полученной зависимости формируем регрессионную кривую и определяем частоту модуляции F^{opt} , при которой наблюдаемая амплитуда засветки будет соответствовать выражению:

$$A(F^{opt}) = L. \quad (6)$$

Параметр L определяет минимальный уровень амплитуды, превышающий амплитуду шума на регистрируемых фазовых изображениях. Его величина выбирается исходя из условий измерения и характеристик используемых оптико-электронных компонентов.

Выполнена экспериментальная демонстрация предложенного метода. В качестве источника структурированного излучения использован цифровой LED проектор, позволяющий формировать структурированное изображение с разрешением 104x768 пикселей. Наблюдаемые фотоприемником изображения обрабатывались в низком разрешении

320x240 пикселей для оценки качества предложенного алгоритма. На рис. 1 показаны зарегистрированные изображения структурированной засветки с кодом Грея на шаге 5 и 9.

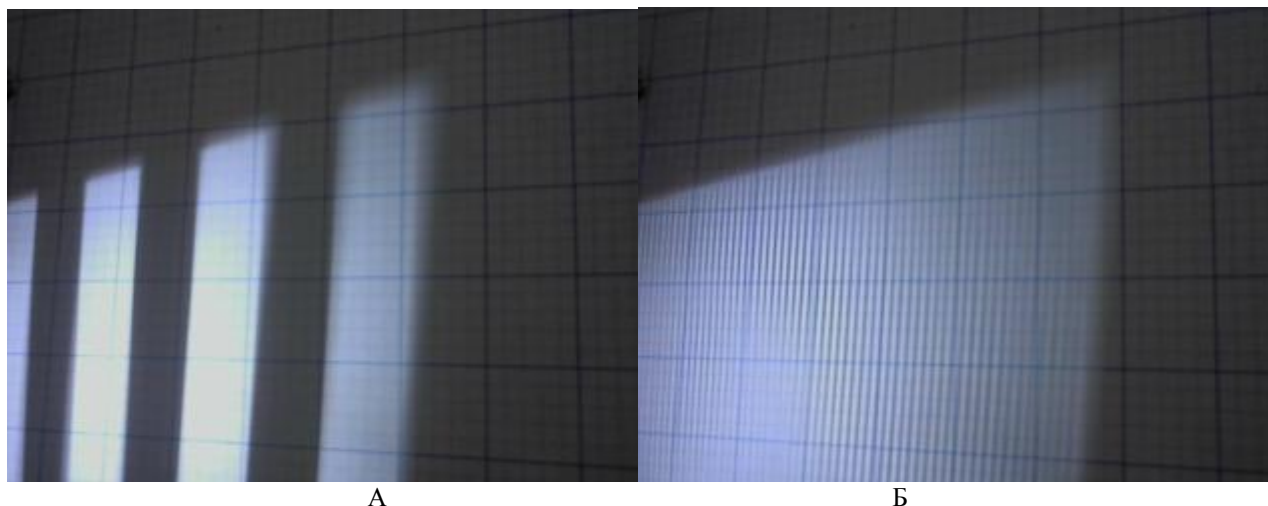


Рис. 1 – Пример наблюдаемых фотоприемником структурированных засветок кодом Грея на шаге 5 (а) и 9 (б)

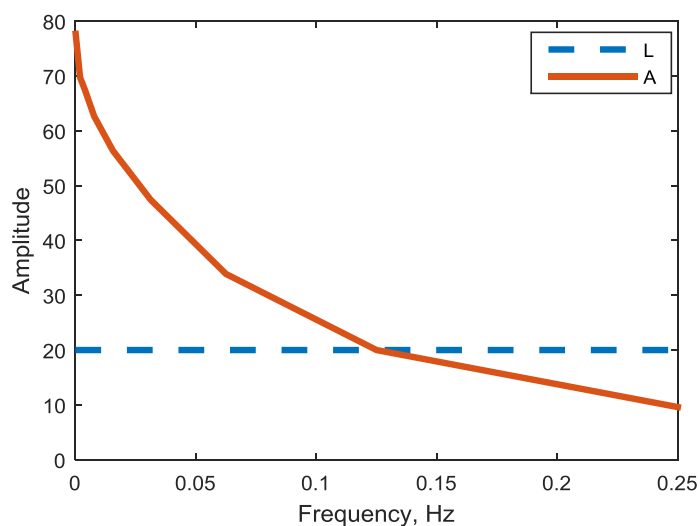


Рис. 2 – Полученная амплитудно-частотная характеристика тракта источник-приемник оптического излучения (А) и уровень

В результате выбрана частота пространственной модуляции 0.12 Гц., что соответствовало периоду гармонического сигнала на источнике излучения 52 пикселя (рис.3). На рис. 4 показана полученная зависимость наблюдаемой горизонтальной координаты проектора в зависимости от координат точки на фотоприемнике.

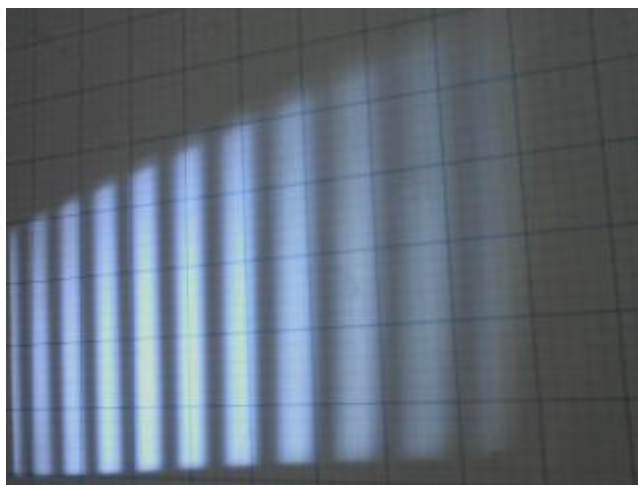


Рис. 3 – Пример фазового изображения с оптимальной частотой пространственной модуляции

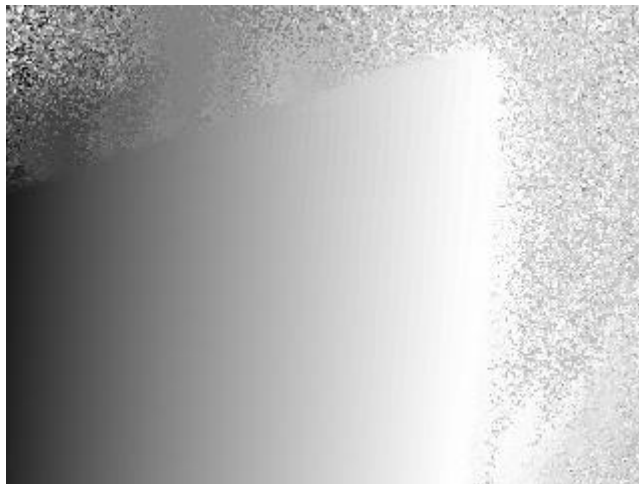


Рис. 4 – Зависимость наблюдаемой горизонтальной координаты проектора в зависимости от координат точки на фотоприемнике

Видно, что в областях, попадавших в тень и не получавших освещение от источника структурированной засветки, результаты оказались в виде случайного шума. На рисунке 5 показан коэффициент достоверности измеренной координаты. Достоверность оценивалась, как максимальный наблюдаемый разброс амплитуды в точке. Из рис. 5 видно, что недостоверные точки, имеющие предельный уровень шума могут быть легко отброшены с помощью порогового фильтра, примененного к коэффициенту достоверности.



Рис. 5 – Коэффициент достоверности измеренной горизонтальной координаты проектора от координат точки на фотоприемнике, представленной на рис. 4

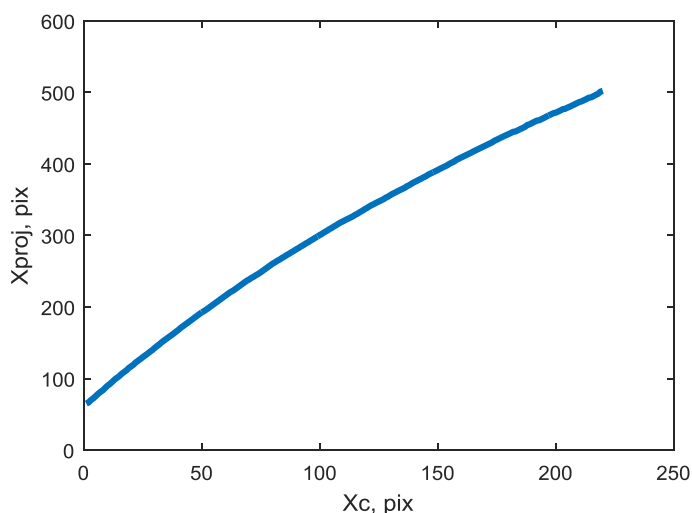


Рис. 6 – Срез изображения на рис.3 на высоте 150 пикселей.

На рис. 6 представлен срез изображения на рис.4 на высоте 150 пикселей, демонстрирующий гладкий характер полученной кривой. Уровень шума составил около 0.5% от измерительного диапазона, что является очень высоким, учитывая низкое качество используемых оптико-электронных элементов измерителя и намеренно заниженное разрешение анализируемых изображений, наблюдаемых на фотоприемниках. Уровень шума оценивался по

среднеквадратичному отклонению значений на полученной кривой от усредненного значения после сглаживания фильтром скользящего среднего.

В работе предложен метод определения оптимальной частоты пространственной модуляции при измерении трехмерной геометрии сложнопрофильных объектов методом фазовой триангуляции. Предложенный подход позволяет использовать оптимальную частоту пространственной модуляции оптического источника при измерениях трехмерной геометрии методом фазовых шагов и бинарного кода Грея. Метод основан на построении АЧХ измерительного тракта по данным, полученным в процессе формирования световой засветки, реализующей код Грея. В результате данный метод измерения позволяет создать универсальный алгоритм управления измерительным комплексом, обеспечивающим измерение трехмерной геометрии методом фазовых шагов с наименьшей погрешностью при произвольных светорассеивающих свойствах поверхности.

Финансирование

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, грант №18-08-00910.

Funding

The work was supported by the Russian Foundation for Basic Research, grant No. 18-08-00910.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Gorthi S.S. Fringe projection techniques: Whither we are? / S.S. Gorthi, P. Rastogi // Optics and Lasers in Engineering 48 (2010). – p. 133-140.
2. Dvoynishnikov S.V. Optoelectronic method of contactless reconstruction of the surface profile of complexly shaped three-dimensional objects / S.V. Dvoynishnikov, D.V. Kulikov, V.G. Meledin // Measurement Techniques. 2010, 53(6). – P. 648-656.
3. Guzhov V.I. Practical aspects of phase measurement in interferometry // Avtometria, Issue 5 (1995). – p. 25-31.
4. Guzhov V.I. Accuracy analysis of determination of phase total difference in integer interferometers / V.I. Guzhov, Yu.N. Solodkin // Avtometria, Issue 6 (1992). – p. 24-30.
5. Inokuchi S. Range-imaging system for 3-D object recognition / S. Inokuchi, K. Sato // Proceeding of 7th International Conference Pattern Recognition, Montreal, Canada, 1984. - p. 806–808.
6. Stahs T. Fast and versatile range data acquisition / T. Stahs, F. Wahl // IEEE/RSJ International Conference Intelligent Robots and Systems, Raleigh, NC, July 1992. - pp. 1169–1174.
7. Dvoynishnikov S.V. An Optoelectronic Method of Contactless Measurement of the Profile of the Surface of Large Complexly Shaped Objects / Dvoynishnikov S.V., Anikin Y.A., Kabardin I.K. and others // Measurement Techniques. 2016, 59(1). - p. 21-27.
8. Dvoynishnikov S.V. Estimation of Optimal Frequency of Spatial Modulation of the Radiation of 3D Measurements / S.V. Dvoynishnikov, V.G. Meledin, V.G. Glavnyi and others // Measurement Techniques. 2015, 58(5). – p. 506-511.
9. Goddyn L. Binary gray codes with long bit runs. The Electronic Journal of Combinatorics. 2003. 10(1), 10 p.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.76.10.008>**ПОКАЗАТЕЛИ ЛИЧНОСТНОЙ ПРЕДИСПОЗИЦИИ К ИНСАЙДЕРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

Научная статья

Поляничко М.А.*

ORCID: 0000-0002-8817-7921,

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Санкт-Петербург, Россия

* Корреспондирующий автор (polyanichko[at]pgups.ru)

Аннотация

Внутренние (инсайдерские) угрозы информационной безопасности по мере совершенствования аппаратных и программных средств защиты информации выходят на первый план. Утечка интеллектуальной собственности или коммерческой тайны, вызванная случайными или преднамеренными действиями работника может нанести непоправимый ущерб организации. В данной статье предложены показатели личностной predisposition (предрасположенности) к совершению инсайдерских действий. Приведенные данные могут быть использованы для выявления работников, склонных к проявлению инсайдерского поведения.

Ключевые слова: инсайдер, внутренняя угроза, информационная безопасность, защита информации.

INDICATORS OF PERSONAL PREDISPOSITION TO INSIDER ACTIVITY

Research article

Polyanichko M.A.*

ORCID: 0000-0002-8817-7921,

Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, St. Petersburg, Russia

* Corresponding author (polyanichko[at]pgups.ru)

Abstract

Internal (insider) threats to information security have come to the fore due to the improvement of hardware and software information protection. A leak of intellectual property or trade secret caused by the employee's accidental or deliberate actions may lead to irreparable damage to the organization. This article offers indicators of personal (predisposition) to commit insider actions. These data can be used to identify workers who are prone to the manifestation of insider behavior.

Keywords: insider, internal threat, information security, information protection.

На фоне совершенствования криптографических методов, аппаратных и программных средств защиты информации на передний план выходят инсайдерские угрозы информационной безопасности, связанные с деятельностью человека. Реализация внутренних угроз информационной безопасности, связанных с утечкой интеллектуальной собственности или коммерческой тайны может нанести непоправимый ущерб организации. Совершаемые инсайдерами действия могут носить как случайный, так и злоумышленный характер.

В контексте данного исследования, инсайдер – это работник организации, которому предоставлены определённые права доступа. Инсайдерские угрозы означают, что такие пользователи злоупотребляют своими привилегиями и, таким образом, нарушают конфиденциальность и целостность данных, целостность и отказоустойчивость системы. Злоумышленный инсайдер – это работающий или бывший сотрудник, подрядчик или партнёр по бизнесу, который имеет разрешённый доступ к сетям, системам и базам данных организации и сознательно превышает или использует для злоумышленных целей этот доступ, что негативно сказывается на конфиденциальности, целостности или доступности внутренней информации или информационных систем [2], [5], [12], [13].

Данные угрозы сложно поддаются анализу в силу непредсказуемости человеческого поведения и не могут быть нивелированы полностью. Тем не менее, применение совокупности организационных, профилактических и технических мер может существенно снизить риск данных угроз.

Для определения потенциального уровня угрозы, которую представляет работник [14] необходимо определить его predisposition к совершению нарушения. Predisposition – готовность, предрасположенность субъекта к поведенческому акту, действию, поступку, их определенной последовательности. Комплекс предрасположенности к определенной реакции субъекта на внешнюю среду образует черты личности, систему ее установок, ценностей и т.д. [11]. Predisposition по периодически актуализируемым показателям (личностные, поведенческие, скрининговые, контекстные) определяется на основе применения метода анализа иерархий. Метод анализа иерархий (МАИ) успешно применяется для осуществления количественной оценки показателей ущерба от реализации угроз информационной безопасности [7].

МАИ разработан Т. Саати и используется для поддержки процесса принятия решений в сложных системах [15]. Метод основан на построении многоуровневой иерархии. На каждом уровне располагаются несколько факторов, которые оказывают влияние на цель исследования, которая находится на вершине исследования. Для определения того, как сильно отдельные факторы оказывают влияние строятся парные сравнения на качественной шкале. С помощью этих сравнений определяется интенсивность влияния одного элемента на другой. По результату данного сравнения формируется матрица парных сравнений, для которой необходимо определить согласованность (смысл согласованности в том, чтобы количество столбцов одной матрицы совпадало с количеством строк второй матрицы, для согласованных матриц можно определить операцию умножения) [10].

Для решения задачи получения оценки на множестве объектов по многомерному набору количественных и качественных показателей на основе лингвистических высказываний экспертов применяется нечеткое обобщение метода анализа иерархий.

Данный метод состоит из этапа определения частных показателей, влияющих на формирование оценки predisposition и нечеткая оценка на основе количественной оценки частных показателей.

Эксперты формируют множество показателей $\{ind_1(Pr_i), \dots, ind_{n_i}(Pr_i)\}$ влияющих на predisposition Pr_i . Для оценки каждого показателя формируется соответствующий опросный лист $quest_j(Pr_i)$ с множеством ответов $ans_{jk}(Pr_i)$.

$$\{ind_1(Pr_i), \dots, ind_{n_i}(Pr_i)\},$$

где Pr_i – predisposition;

$ind_j(Pr_i), j = 1, \dots, n_i$ – показатели predisposition.

Личность человека – это динамичный и организованный набор характеристик, которыми обладает человек, и которые влияют на его восприятие, мотивацию и поведение в разных ситуациях. Именно эти внутренние характеристики в сочетании с внешними временными и динамическими факторами, такими как мотивация и другие стимулы, могут формировать основу для инсайдерских угроз.

К личностным показателям риска, которые формируют у работника predisposition к случайному или злонамеренному инсайдерскому поведению можно отнести:

- Депрессию;
- Наличие зависимости (алкоголь, наркотики, азартные игры);
- Финансовые обязательства, долги и кредиты;
- Изменение адреса (переезд);
- Смерть близкого человека;
- Расставание или развод.

Таким образом, наиболее надежными работниками будут считаться работники, которые не принадлежат ни к одной из групп повышенного риска. Более опасными будут считаться лица, которые имеют проблемы личного характера, находятся в депрессивном состоянии или испытывают дополнительную финансовую нагрузку, связанную со сменой места жительства. И наиболее склонными к инсайдерскому поведению будут отнесены работники, которые испытывают на себе два негативных фактора одновременно, например, имеют зависимости и находятся в состоянии депрессии и имеют финансовое обременение.

Таким образом для определения личностной predisposition Pr_{pers} предлагается использование следующих частных показателей $\{ind_i(Pr_{pers})\}$:

Таблица 1 – Частные показатели личностной predisposition

№	Название показателя
1	Нахождение сотрудника в депрессивном состоянии
2	Наличие данных о наличии алкогольной зависимости
3	Наличие данных о наличии наркотической зависимости
4	Наличие данных о наличии зависимости от азартных игр
5	Наличие финансовых обязательств
6	Наличие сведений о переезде
7	Наличие сведений о смерти близкого человека
8	Наличие сведений о проблемах в личной жизни

Для оценки личностной predisposition к инсайдерской деятельности предлагается использовать опросный лист:

Таблица 2 – Опросный лист для оценки личностной predisposition

№	Вопрос	Ответы
1	Имеются ли сведения о нахождении сотрудника в депрессивном состоянии?	Нет
		Имеются косвенные сведения
		Имеются сведения о жалобах сотрудника
		Имеется медицинское заключение
2	Наличие данных о наличии алкогольной зависимости	Нет
		Редкие случаи злоупотребления
		Частые случаи злоупотребления
		Был замечен в состоянии алкогольного опьянения на работе
3	Наличие данных о наличии наркотической зависимости	Нет
		Редкие случаи употребления
		Частые случаи употребления
		Был замечен в состоянии наркотического опьянения на работе
4	Наличие данных о наличии зависимости от азартных игр	Нет
		Редкие случаи игр
		Частые случаи игр
		Прогулы работы из-за азартных игр
5	Наличие финансовых обязательств	Нет
		Обязательства ниже дохода
		Обязательства превышают уровень дохода
6	Наличие сведений о переезде	Нет
		Да
7	Наличие сведений о смерти близкого человека	Нет
		Потеря в течение года
		Потеря в течение периода от года до трех лет
8	Наличие сведений о проблемах в личной жизни	Нет
		Имеются сведения о проблемах
		Нахождение в процессе развода/разрыва отношений

Анализ данных показателей дает возможность подразделениям, ответственным за обеспечение информационной безопасности выявить работников, склонных к проявлению инсайдерского поведения и предпринять меры для предотвращения инцидента информационной безопасности. Также необходимо принимать во внимание, что данные показатели носят темпоральный характер и их значения должны периодически обновляться.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Anikin I.V. Information Security Risks Assessment Method Based on AHP and Fuzzy Sets // 2nd Intl' Conference on Advances in Engineering Sciences and Applied Mathematics (ICAESAM'2014) May 4-5, 2014.
2. Bishop M. Defining the insider threat / Bishop M., Gates C. // Proceedings of the 4th annual workshop on Cyber security and information intelligence research developing strategies to meet the cyber security and information intelligence challenges ahead - CSIIRW '08. 2008. C. 1.
3. Dong M. Approaches to group decision making with incomplete information based on power geometric operators and triangular fuzzy AHP / M. Dong, S. Li, H. Zhang // Expert Systems and Applications. - 2015. - Vol. 42, Issue 21. - pp. 7846-7857.
4. Fu S. The information security risk assessment based on AHP and fuzzy comprehensive evaluation, 2011 IEEE 3rd International Conference on Communication Software and Networks, Xi'an, 2011, pp. 124-128.
5. Hunker J. Insiders and insider threats—an overview of definitions and mitigation techniques / Hunker J., Probst C. // Journal of Wireless Mobile Networks, Ubiquitous 2011. C. 4–27.
6. Xuepeng H. Method of Information Security Risk Assessment Based on Improved Fuzzy Theory of Evidence Establishing index system of information security risk assessment / Xuepeng H., Wei X. // International Journal of Online Engineering. 2018. (14). C. 188–196.
7. Аникин И.В. Метод анализа иерархий в задачах оценки и анализа рисков информационной безопасности // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. -2006, № 3. -С.11-18.
8. Аникин А.В. Методика формирования анкет для задач оценки возможности реализации угроз и уязвимостей // Сборник трудов 3-й ежегодной научно-практической конференции «Инфокоммуникационные технологии глобального информационного общества»: Казань, 8-9 сентября 2005. -С. 333-342.
9. Аникин И.В. Методы и алгоритмы количественной оценки и управления рисками безопасности в корпоративных информационных сетях на основе нечеткой логики: диссертация ... доктора технических наук, , Казань, 2017.
10. Гантмахер Ф. Р. Теория матриц.- 5-е изд.— М.: ФизМатЛит, 2004.- 560 с.- ISBN 5-9221-0524-8.; (2-е изд.).- М.: Наука, 1966.

11. Даль В.И. Толковый словарь живого великорусского языка: в 4 - х т. Т. 2. Русский язык / В.И. Даль. – М., 1998. – 779 с.
12. Максимова Е.А. Численное прогнозирование инсайдерских атак / Максимова Е.А., Витенбург Е.А., Богданов В.В., // Информационное противодействие угрозам терроризма. – 2011 –5. – № 9 –25. – С. 229 – 234.
13. Поляничко М.А. Внутренние угрозы информационным системам на транспорте // Интеллектуальные системы на транспорте Сборник материалов Первой международной научно- практической конференции. - СПб.: Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I. (2011).
14. Поляничко М.А. Основные проблемы практического применения человеко-ориентированного подхода к обеспечению информационной безопасности / Поляничко М.А., Пуанова К.В. // «Фундаментальные и прикладные разработки в области технических и физико-математических наук» Сборник научных статей по итогам работы третьего международного круглого стола. - М.: Общество с ограниченной ответственностью «КОНВЕРТ». 2018. С. 57–60.
15. Саати Т. Аналитическое планирование. Организация систем: пер. с англ. / Т. Саати, К. Кернс – М.: Радио и связь, 1991. – 224 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Anikin I.V. Information Security Risks Assessment Method Based on AHP and Fuzzy Sets // 2nd Intl' Conference on Advances in Engineering Sciences and Applied Mathematics (ICAESAM'2014) May 4-5, 2014.
2. Bishop M. Defining the Insider Threat / Bishop M., Gates C. // Proceedings of the 4th Annual Workshop on Cyber Security and Information Intelligence Research Developing Strategies to Meet the Cyber Security and Information Intelligence Challenges Ahead - CSIIRW '08. 2008. P. 1.
3. Dong M. Approaches to Group Decision Making with Incomplete Information based on Power Geometric Operators and Triangular Fuzzy AHP / M. Dong, S. Li, H. Zhang // Expert Systems and Applications. - 2015. - Vol. 42, Issue 21. - pp. 7846-7857.
4. Fu S. Information Security Risk Assessment based on AHP and Fuzzy Comprehensive Evaluation, 2011 IEEE 3rd International Conference on Communication Software and Networks, Xi'an, 2011, pp. 124-128.
5. Hunker J. Insiders and Insider Threats—an Overview of Definitions and Mitigation Techniques / Hunker J., Probst C. // Journal of Wireless Mobile Networks, Ubiquitous 2011. P. 4–27.
6. Xuepeng H. Method of Information Security Risk Assessment Based on Improved Fuzzy Theory of Evidence Establishing Index System of Information Security Risk Assessment / Xuepeng H., Wei X. // International Journal of Online Engineering. 2018. (14). P. 188–196.
7. Anikin I.V. Metod analiza ierarkhii v zadachakh otsenki i analiza riskov informatsionnoi bezopasnosti [Method of Analyzing Hierarchies in Tasks of Assessing and Analyzing Information Security Risks] // Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. A.N. Tupoleva [Bulletin of Kazan State Technical University named after A.N. Tupolev]. - 2006, No. 3. - P.11-18. [in Russian]
8. Anikin A.V. Metodika formirovaniya anket dlia zadach otsenki vozmozhnosti realizatsii ugroz i uyazvimosti [Methods of Forming Questionnaires for Assessing the Possibility of Threats and Vulnerabilities] // Sbornik trudov 3-y yezhegodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Infokommunikatsionnyye tekhnologii global'nogo informatsionnogo obeshchstva» [Collection of Works of the 3rd Annual Research-to-Practice Conference "Infocommunication Technologies of Global Information Society"]: Kazan, September 8-9, 2005. -P. 333-342. [in Russian]
9. Anikin I.V. Metody i algoritmy kolichestvennoi otsenki i upravleniya riskami bezopasnosti v korporativnykh informatsionnykh setyakh na osnove nechetkoi logiki: dissertatsiya ... doktora tekhnicheskikh nauk [Methods and Algorithms for Quantifying and Managing Security Risks in Corporate Information Networks based on Fuzzy Logic: Thesis of PhD in Engineering] Kazan, 2017. [in Russian]
11. Gantmakher F. R. Teoriya matrits. [Matrix Theory] - 5th ed.— М.: FizMatLit, 2004.- 560 p.- ISBN 5-9221-0524-8 .; (2nd ed.). – М.: Nauka, 1966. [in Russian]
12. Dal V.I. Tolkovyi slovar zhivogo velikorusskogo yazyka: v 4 - kh t. Т. 2. Russkii yazyk [Explanatory Dictionary of the Living Great Russian language: in 4 v. V. 2. Russian Language] / V.I. Dal. – М., 1998. – 779 p. [in Russian]
13. Maksimova E.A. Chislennoe prognozirovaniye insaiderskikh atak [Numerical Prediction of Insider Attacks] / Maksimova E.A., Vitenburg E.A., Bogdanov V.V. // Informatsionnoye protivodeystviye ugrozam terrorizma [Informational Opposition to the Threat of Terrorism]. – 2011 – 5. – No. 9 –25. – P. 229 - 234. [in Russian]
14. Polyanichko M.A. Vnutrennie ugrozy informatsionnym sistemam na transporte [Internal Threats to Transport Information Systems] // Intellektual'nyye sistemy na transporte Sbornik materialov Pervoy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii [Intellectual Systems in Transport. Collection of Materials of the First International Research-to-Practice Conference]. - SPb.: Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University. (2011). [in Russian]
15. Polyanichko M.A. Osnovnye problemy prakticheskogo primeneniya cheloveko-orientirovannogo podkhoda k obespecheniyu informatsionnoi bezopasnosti [Main Problems of Practical Application of Human-oriented Approach to Ensuring Information Security] / Polyanichko M.A., Punanova K.V. // Fundamental'nyye i prikladnyye razrabotki v oblasti tekhnicheskikh i fiziko-matematicheskikh nauk» Sbornik nauchnykh statey po itogam raboty tret'yego mezhdunarodnogo kruglogo stola. [Fundamental and Applied Developments in the Field of Technical, Physical and Mathematical Sciences" Collection of Scientific Articles on the Results of the Third International Round Table]. - М.: Limited Liability Company "CONVERT." 2018. P. 57–60. [in Russian]
16. Saati T. Analiticheskoe planirovaniye. Organizatsiya sistem: per. s angl. [Analytical Planning. Organization Systems: Translated from English] / T. Saati, K. Kerns - М.: Radio and Communication, 1991. - 224 p. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.76.10.009>

РАСЧЕТ ДОЛИ 3D-ФАЗЫ В МЕХАНОАКТИВИРОВАННОМ ГРАФИТЕ ПО ЛИНИИ ВТОРОГО ПОРЯДКА РАМАНОВСКОГО СПЕКТРА

Научная статья

Чайка В.А.^{1,*}, Савин В.В.², Савина Л.А.³, Осадчий А.В.⁴, Рыбин М.Г.⁵¹ ORCID: 0000-0003-3877-2383;² ORCID: 0000-0002-7166-4133;³ ORCID: 0000-0002-8181-5169;⁴ ORCID: 0000-0002-6882-9953;⁵ ORCID: 0000-0003-1529-5326,^{1, 2, 3} Балтийский федеральный университет им. Иммануила Канта, Калининград, Россия;^{4, 5} Институт общей физики им. Прохорова РАН, Москва, Россия

* Корреспондирующий автор (v_chayka8[at]rambler.ru)

Аннотация

Механоактивация (МА) графита из-за интенсивных упруго-пластических деформаций и пространственного накопления эффектов ведет к неравновесным процессам, изменению электронных состояний и химических связей атомов углерода. Рамановская спектроскопия является стандартным неразрушающим инструментом для характеристики кристаллических, нанокристаллических и аморфных структур углерода. Помимо общеизвестного параметра $R1=ID1/IG$ – степени разупорядочения в работе определили долю 3D-фазы в МА порошках по расщеплению линии S2 второго порядка Рамановского спектра. Показано, что процессы аморфизации и формирования 3D-фазы в МА порошках протекают параллельно и не зависимо.

Ключевые слова: механоактивация, Рамановский спектр, 3D-фаза, структурная упорядоченность вещества.

CALCULATION OF THE SHARE OF THE 3D PHASE IN THE MECHANOACTIVATED GRAPHITE BY THE SECOND ORDER OF THE RAMAN SPECTRUM

Research article

Chaika V.A.^{1,*}, Savin V.V.², Savina L.A.³, Osadchy A.V.⁴, Rybin M.G.⁵¹ ORCID: 0000-0003-3877-2383;² ORCID: 0000-0002-7166-4133;³ ORCID: 0000-0002-8181-5169;⁴ ORCID: 0000-0002-6882-9953;⁵ ORCID: 0000-0003-1529-5326,^{1, 2, 3} Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia;^{4, 5} Prokhorov General Physics Institute of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

* Corresponding author (v_chayka8[at]rambler.ru)

Abstract

Mechanoactivation (MA) of graphite due to intense elastic-plastic deformations and spatial accumulation of effects leads to nonequilibrium processes, changes in electronic states and chemical bonds of carbon atoms. Raman spectroscopy is a standard non-destructive tool for characterizing crystalline, nanocrystalline and amorphous carbon structures. In addition to the generally known parameter $R1 = ID1/IG$, the degree of disordering in the work determined the fraction of the 3D phase in MA powders by splitting the second-order S2 line of the Raman spectrum. It shown that the processes of amorphization and the formation of the 3D phase in MA powders proceed in parallel and are not dependent.

Keywords: mechanoactivation, Raman spectrum, 3D phase, structural ordering of matter.

Introduction

A great variety of carbon materials arises because of the strong dependence of their physical properties, the interatomic interaction on the ratio of sp²-graphite-like and sp³-diamond-like bonds [1]. Carbon has a wide range of allotropic modifications, depending on the type of sp-hybridization of valence electrons - graphite, diamond, carbyne, fullerenes, etc. There are many forms of sp²-bonded carbon atoms with different degrees of graphitized ordering from microcrystalline graphite to vitreous carbon [2]. In general, amorphous carbon can constitute any mixture of sp³, sp², and even sp¹-hybridization with the possible presence of hydrogen atoms. Raman spectroscopy is a popular, non-destructive tool for the structural characterization of carbon atoms. Methods of analysis of the Raman spectra, allowing to determine the structural state of carbon and the content of a particular sp-hybridization, are also used for analysis of processes during mechanoactivation [3].

The aim of this study was identification of the relationship between amorphization processes and the formation of a 3D phase in graphite MA.

Materials and Methods

The material for MA was graphite MPG-7. The treatment was carried out in a high-energy ball mill E_{max} at a mass ratio of balls to a loading weight of 4.5: 1. Continuous processing time is 10, 30, 50 and 60 minutes at 1000 rpm and 20, 40, 60 minutes at 1500 rpm in the residual air atmosphere.

Raman spectra were obtained on a LabRAM HR Evolution Raman spectrometer using a wavelength of 633 nm. The laser power is about 10 milliwatts, the grating is 600 divisions per millimeter, the accumulation of 10 seconds 3 times.

Results

Figure 1 shows the Raman spectra of MA graphite at 1000 and 1500 rpm. Graphite with a perfect crystal macrostructure has only one (G) line of the first order at 1582 cm^{-1} . The G-type vibrations of graphite molecules are formed by carbon atoms located in sp^2 -states and located in the plane of graphite meshes. As noted in the paper [4, P. 116], in the spectrum of graphite having defects of graphene layers, and also in the case where the size of the crystallites or domains is small, there are additional lines of the first order: in the region of 1355 cm^{-1} - D1, about 1620 cm^{-1} - D2, as well as several weaker lines in the region of $1400\text{--}1500\text{ cm}^{-1}$ - D3 and $1100\text{--}1200\text{ cm}^{-1}$ - D4. For MA graphite, all these lines are shifted toward lower frequencies, and lines D3 and D4 are present as minor reflections.

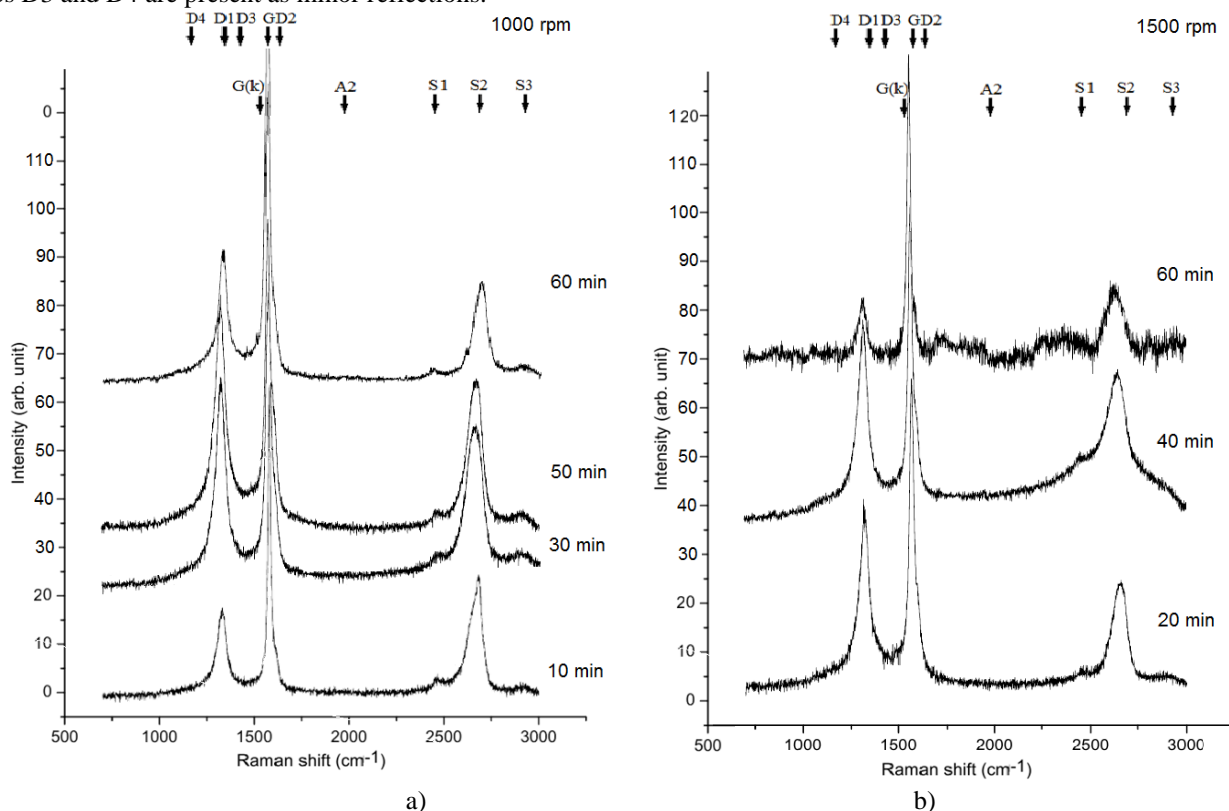


Fig.1 – Raman spectra of graphite after MA:

a) MA at 1000 rpm; b) MA at 1500 rpm

In addition, after 40 minutes MA there is a splash of 1532.37 cm^{-1} , which according to the authors [5, P. 105], [6, P. 445] corresponds to nanographite, interlayer defects, disordered sp^3 clusters, or disorder in the form of amorphous carbon. It is proposed to denote this line G (k).

In the second-order spectral region for the original graphite, there are higher harmonics of graphite dispersion: 2720 cm^{-1} - S2 (the most intense line), 3240 cm^{-1} - S4 (weak but clear maximum), and 2450 cm^{-1} Raman lines, S1 and 2935 cm^{-1} - S3. For MA graphite after 60 minutes these lines are strongly shifted towards smaller values: 2691.78 ; 3232.12 ; 2447.15 and 2924.5 cm^{-1} , respectively, although the ratio of line intensities is preserved. There is also an insignificant reflex in the region of 2000 cm^{-1} (A2), which corresponds to the onset of the carbon amorphization process [7, P. 36]. Analyzing the features of the change in the Raman spectrum of MA graphite at 1500 rpm (Fig. 1 b), attention is drawn to the presence of an amorphous halo after 40 minutes of processing, both for first-order lines and for second-order lines, and in the region of lines second order, its intensity is greater. After 60 minutes, the halo decays, the spectrum is characterized by an increased noise background and the presence of many small peaks.

For the analysis of the degree of disorder, the ratio of the intensities of the lines D1 and G is used [8, P. 84], [9, P. 55]. The difference in the structural ordering of substances can be revealed by using the ratio of the widths of the lines S2 and G [4, P. 117] (see Table 1). The structural ordering of graphite grows after 40 min MA at 1500 rpm, and the degree of disordering of the cutting decreases, which suggests that ordering in the system. Thus, the process of amorphization proceeds unevenly with periodic ordering of the structure.

However, such an estimate for MA powders is complicated by the fact that the peak S2 is firstly strongly shifted towards smaller values, and secondly, it is broadened and split. The value of this peak is much smaller than that indicated in [4, P. 117] (2710 cm^{-1}) and even less than in [5, P. 106], where $2D1 - 2680\text{--}2690\text{ cm}^{-1}$ and $2D2$ are 2720 cm^{-1} are indicated.

Table 1 – Evaluation of the orderliness of matter

rotation	1000 rpm				1500 rpm			note
time, min	10	30	50	60	20	40	60	
$R3 = \frac{\Delta_{S2}}{\Delta_G}$	2,531	1,647	1,638	3,401	1,872	3,241	5,822	Structural ordering
$R1 = \frac{I_{D1}}{I_G}$	0,254	0,615	0,6667	0,417	0,54	0,576	0,124	Degree of disorder

According to the data in Table 1, after 60 min there is an increase in the order in the powder structure. The generally accepted parameter of the degree of disordering of R1 correlates with the parameter R3 of the structural ordering. However, a contradiction arises, since the peak S2 is broadened, which, according to [4, P. 117], indicates an increase in the disordering.

In [10, P. 2], splitting of the S2 line was proposed to be used to determine the relative content of 2D and 3D phases. The S2 line is the secondary harmonic of the defect line D1 and is very sensitive to structural changes in carbonaceous substances when forming packs of graphene layers along the C axis direction. It is assumed that the unsplit line S2 corresponds to the 2D phase, and as the fraction of the 3D phase increases, the peak splits on the 3DA line and 3DB. The authors investigated disordered graphite films heat-treated at different temperatures and proposed a fraction of the 3D phase determined by the formula $R = \frac{I_{S2_{3DB}}}{I_{S2_{3DB}} + I_{S2_{2D}}}$.

Accordingly, the proportion of the 2D phase is defined as (1-R). In fact, a line of about 2700 cm⁻¹ should be considered as a result of superposition of three lines S2 (2D), S2 (3DA) and S2 (3DB).

Figure 2 shows the decomposition of the S2 line for MA powders, performed with a special original program. When processing 10 minutes at 1000 rpm, the S2 line is decomposed into only two, with a stronger one corresponding to the 2D phase. At further processing and at 1500 rpm the S2 line is decomposed into three components, the width and intensity of which varies (Table 2).

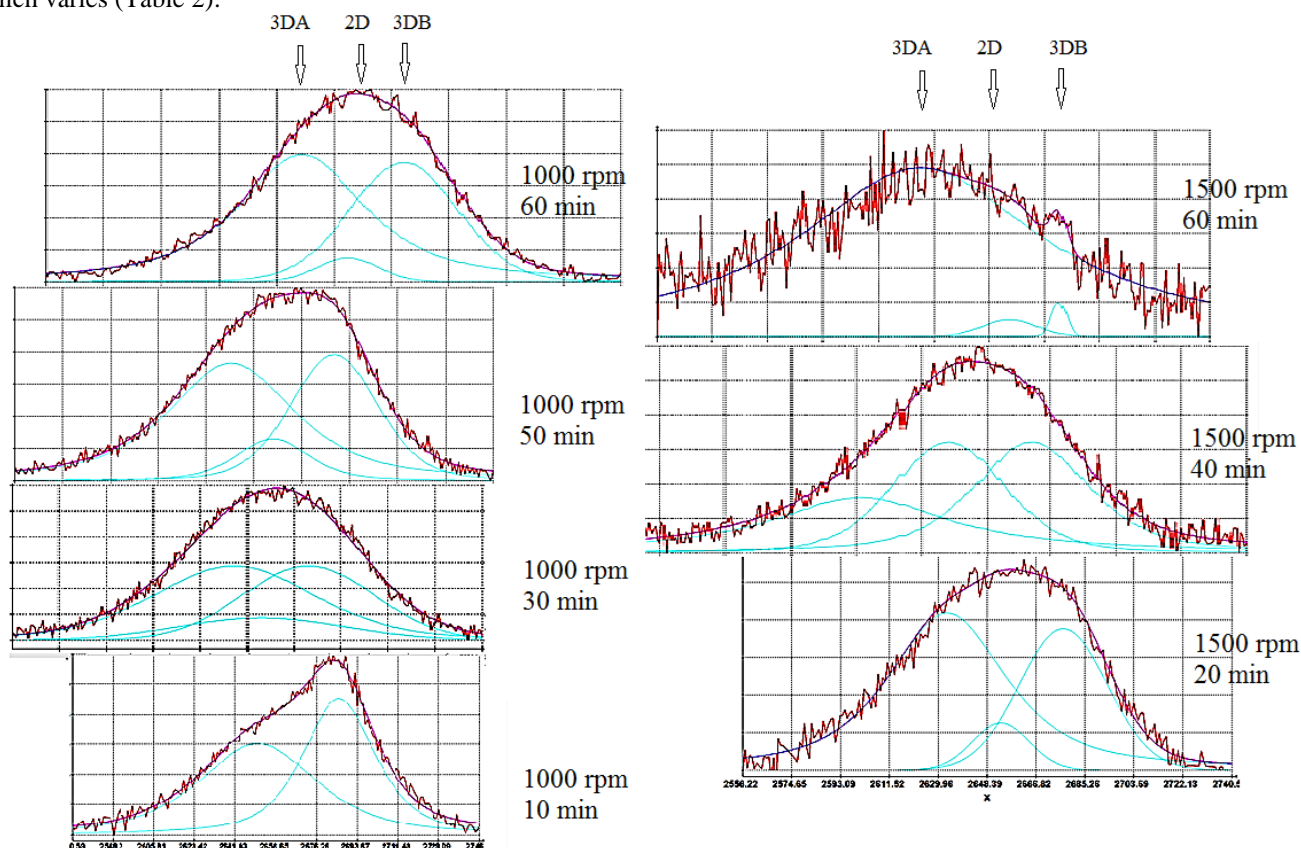


Fig. 2 – Decomposition of the line S2

Table 2 – Decomposition of the S2 MA graphite line

rotation		1000 rpm				1500 rpm		
time, min		10	30	50	60	20	40	60
The first peak S2 (3DA)	I	10	10	14	16	10	3	20
	FWHM	99,93	84	60,13	99,46	52,9	83,79	117,71
	<x>	2650,85	2640,24	2642,37	2670,96	2633,31	2598,55	2619,95
	n	0,425	0,724	0,295	0,224	0,3	0	0
	area	812	1011	1196	1386	750	658	3698
The second peak S2 (2D)	I	15	3	5	3	3	10	2
	FWHM	36,95	85,6	34,64	28,43	25,2	51,96	25,69
	<x>	2685,96	2652,22	2659,0	2689,01	2653,53	2632,88	2655,83
	n	0,43	1	0,524	1	1	0,759	1
	area	750	273	226	91	80	616	55
Third peak S2 (3DB)	I	-	10	15	15	9	10	4
	FWHM	-	68,3	41,8	50,28	39	53,55	7,42
	<x>	-	2672,96	2683,66	2711,2	2677,1	2665,36	2675,6
	n	-	0,998	0,767	0,928	1	0,477	1
	area	-	727	741	829	373	712	32

Note: for n = 1, the Gaussian distribution form, for n = 0, the Lorentz distribution form.

In Fig. 3 shows the changes in the level of R1 - the degree of disordering and the parameters of the R - fraction of the 3D phase for different MA. According to the data in Fig. 3, the proportion of the 3D phase varies nonlinearly, and for processing 1000 rpm the values are higher than for 1500 rpm.

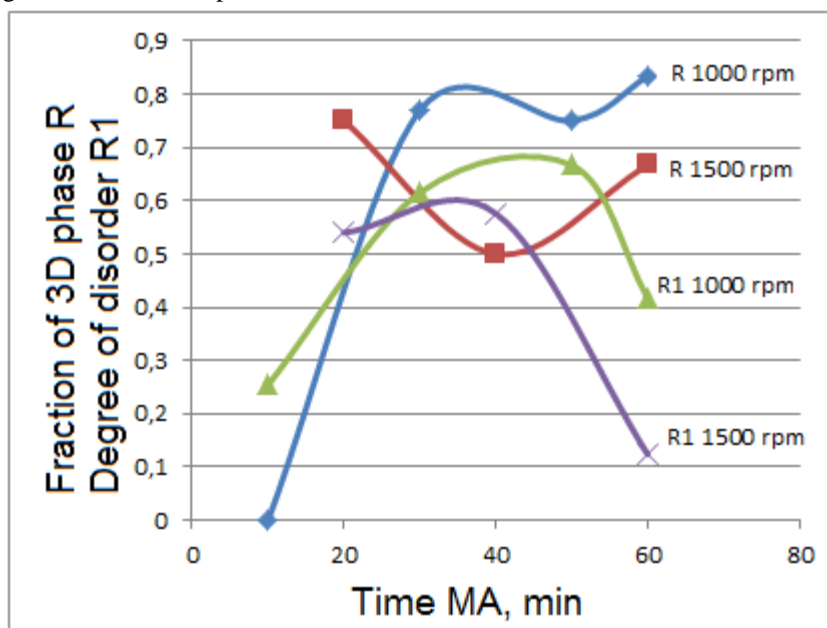


Fig. 3 – Change of R and R1 parameters for graphite MA

Discussion

The change in the fraction of the 3D phase does not correlate with a change in the degree of disorder or with structural order in the system. Obviously, the processes of amorphization and the formation of the 3D phase proceed in parallel and independently of each other. In some particles, amorphization processes occur, and in others, the formation of a 3D phase. To understand these processes, an analysis of the relationship with the change in the size and shape of the particles is necessary [11, P. 16]. At 1000 rpm, the process of 3D-phase formation is priority, and at 1500 rpm - amorphization. It should be noted that these processes are non-linear and non-monotonic. With a certain accumulation of energy in the system, the processes are relaxed.

Conclusion

The processes of amorphization and the formation of the 3D phase proceed in parallel and independently of each other.

Финансирование

Статья подготовлена по результатам работы, выполненной при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, государственное задание №. 16.4119.2017/ПЧ и проектом Российского академического мастерства в Балтийском федеральном университете им. Иммануила Канта.

Funding

This article was prepared on the results of work carried out with the support of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation, state task no. 16.4119.2017 / PCh and the project of Russian academic excellence at the Baltic Federal University. Immanuel Kant.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Rud A.D. Quantitative analysis of the local atomic structure in disordered carbon / A. D. Rud, I. M. Kiryan // J. Non-Cryst Solids. –2014. – Vol. 38. P.1-7.
2. Bokobza L. Raman spectra of carbon-based materials (from graphite to carbon black) and of some silicone composites / Bokobza L., Bruneel J.-L., Couzi M. // Carbon N. Y. - 2015.- Vol. 1.- P. 77–94. URL: <http://dx.doi.org/10.3390/c1010077>.
3. Milev A.S. Unoccupied electronic structure of ball-milled graphite / A.S. Milev, N.H. Tran, G.S. Kamali and others // Phys. Chem. Chem. Phys. - 2010. - Vol. 12. - P. 6685–6691. doi: 10.1039/b926345d
4. Филиппов М. М. Рамановская спектроскопия как метод изучения глубоко углефицированного органического вещества. Часть 1. Основные направления использования / М. М. Филиппов // Труды Карельского научного центра РАН. - 2014. - № 1. - С. 115–134.
5. Бискэ И.С. Спектроскопия комбинационного рассеяния графита из месторождений и рудопроявлений приладожья / И.С. Бискэ, В.А. Колдей // Геология и полезные ископаемые Корелии. - 2014. - Вып. 17. - С.103-109.
6. Дьячкова Т.П. Исследование спектров комбинационного рассеяния функционализированных углеродных нанотрубок / Т.П. Дьячкова, Ю.А. Хан, Н.Н. Балыбина и др. // Фундаментальные исследования. - 2015. - №9-3. - С. 444-449.
7. Дождиков В.С. Аморфный углерод, закаленный из жидкого углерода: структура и свойства в широком диапазоне давлений / В.С. Дождиков, А.Ю. Башарин, П.Р. Левашов //Вестник Казанского технологического университета. - 2016. - Т. 16. №21. - С. 32-37.

8. Bokobza L. Raman spectroscopic investigation of carbonbased materials and their composites. Comparison between carbon nanotubes and carbon black / L. Bokobza, J.-L. Bruneel, M. Couzi // Chem. Phys. Lett. - 2013. - Vol. 590. - P. 153–159.- URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cplett.2013.10.071>.
9. Ferrari A.C. Raman spectroscopy of graphene and graphite: Disorder, electron–phonon coupling, doping and nonadiabatic effects / A.C. Ferrari //Solid State Communications. - 2007. - Vol.143. - P. 47–57. doi:10.1016/j.ssc.2007.03.052
10. Cancado L.K.G. Measuring the degree of stacking order in graphite by Raman spectroscopy/ L.K.G. Cancado, K. Takai, T. Enoki et al. // Carbon. - 2008. - Vol. 46. - P. 272-275. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.carbon.2007.11.015>
11. Gouadec G. Spectroscopy of Nanomaterials: How Spectra Relate to Disorder, Particle Size and Mechanical Properties / G. Gouadec, P. Colombari // Progress in Crystal Growth and Characterization of Materials, Elsevier, 2007, 53 (1), P.1-56. – URL: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00120432>.(accessed: 14.12.2006).

Список литературы на английском языке / References in English

1. Rud A.D. Quantitative analysis of the local atomic structure in disordered carbon / A. D. Rud, I. M. Kiryan // J. Non-Cryst Solids. –2014. – Vol. 38. P.1-7.
2. Bokobza L. Raman spectra of carbon-based materials (from graphite to carbon black) and of some silicone composites / // Carbon N. Y. - 2015. - Vol. 1. - P. 77–94. URL: <http://dx.doi.org/10.3390/c1010077>.
3. Milev A.S. Unoccupied electronic structure of ball-milled graphite / A.S. Milev, N.H. Tran, G.S. Kamali and others // Phys. Chem. Chem. Phys. - 2010. - Vol. 12. - P. 6685–6691. doi: 10.1039/b926345d
4. Filippov M.M. Raman spectroscopy as a method for studying deeply-carbonized organic matter. Part 1. The main directions of use / M.M. Filippov // Proceedings of the Karelian Research Center of the Russian Academy of Sciences. - 2014. - N 1. - P. 115-134. [in Russian]
5. Biske I.S. Spectroscopy of Raman scattering of graphite from deposits and ore occurrences of Ladoga Ladoga / I. S. Biske, V. A. Koldey // Geology and minerals of Karelia. - 2014. - issue 17. - P.103-109.
6. Dyachkova T.P. Investigation of Raman spectra of functionalized carbon nanotubes / Dyachkova T.P., Yu. A. Khan, N. N. Balybina and others // Fundamental research, 2015. - N. 9-3. - P. 444-449. [in Russian]
7. Dozhdikov V. S. Amorphous carbon, hardened from liquid carbon: structure and properties over a wide range of pressures, / V. S. Dozhdikov, A. Yu. Basharin, P. R. Levashov. // Bulletin of Kazan Technological University. - 2016. - V. 16. № 21. - P. 32-37. [in Russian]
8. Bokobza L. Raman spectroscopic investigation of carbon based materials and their composites. Comparison between carbon nanotubes and carbon black / L. Bokobza, J.-L. Bruneel, M. Couzi // Chem. Phys. Lett. - 2013. - Vol. 590. - P. 153–159. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cplett.2013.10.071>.
9. Ferrari A.C. Raman spectroscopy of graphene and graphite: Disorder, electron–phonon coupling, doping and nonadiabatic effects / A.C. Ferrari. //Solid State Communications. - 2007. - Vol.143. - P. 47–57. doi:10.1016/j.ssc.2007.03.052
10. Cancado L.K.G. Measuring the degree of stacking order in graphite by Raman spectroscopy/ L.K.G. Cancado, K. Takai, T. Enoki et al. // Carbon. - 2008. - Vol. 46. - P. 272-275. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.carbon.2007.11.015>
11. Gouadec G. Spectroscopy of Nanomaterials: How Spectra Relate to Disorder, Particle Size and Mechanical Properties/ G. Gouadec, P. Colombari // Progress in Crystal Growth and Characterization of Materials, Elsevier, 2007, 53 (1), P.1-56. – URL: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00120432>. (accessed: 14.12.2006).

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.76.10.010>**ИССЛЕДОВАНИЕ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ СТАРОВОЗРАСТНЫХ ПРИБАЛОЧНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЛОС «КАМЕННОЙ СТЕПИ»**

Научная статья

Вахтин А.И.¹, Вавин В.С.²^{1, 2} Каменно-Степное опытное лесничество, Воронежская область, Россия

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

Аннотация

Главными критериями устойчивости лесных насаждений к неблагоприятным природным и антропогенным воздействиям принято считать древостой, лесное насаждение и его структуру, индикаторами для древостоя являются – параметрические показатели его продуктивности и роста высоты, по диаметру, запасу, макроструктуре древесины; индикаторами для лесного насаждения (помимо перечисленных) является – ярусность, состав, разновозрастность, биоразнообразие видов

В работе представлены результаты исследований старовозрастных прибалочных и стокорегулирующих лесных полос, на четырех участках, 2х участках семенного и 2-х участках порослевого происхождения, на основе использования коэффициента напряженности роста (КОП).

Ключевые слова: защитное лесонасаждение, таксация, коэффициент напряженности роста, биологическая устойчивость, оценка жизненного состояния.

STUDY OF CURRENT STATE OF THE OLD-AGED RAVINE FOREST BELTS OF “STONE STEPPE”

Research article

Vakhtin A.I.¹, Vavin V.S.²

Kamenno-Stepnoye Experimental Forest District, Voronezh region, Russia

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

Abstract

Forest stand and forest vegetation and its structure are considered the main criteria for the sustainability of forest plantations to adverse natural and anthropogenic influences. Indicators for forest stand include parametric indicators of its productivity and growth height, diameter, stock, macrostructure of wood while indicators for forest vegetation (other than those listed) are storeyed structure, composition, all-aged nature and biodiversity of species.

The paper presents the results of the studies of the old-aged ravine and flow regulating forest belts at four plots, two plots of seed and two plots of vegetative origin based on the use of the growth intensity factor (GIF).

Keywords: shelter forest, taxation, growth intensity factor, biological sustainability, assessment of vital status.

Опыт создания систем взаимодействующих защитных лесных насаждений на территории европейской части России показал, что противодействуя негативным климатическим явлениям в степной и лесостепной зоне лесные полосы преобразуют и стабилизируют экологическую обстановку данной местности, формированием агролесоландшафтов с высокой степенью саморегуляции, что в значительной мере повышает продуктивность сельскохозяйственных земель. Ярким примером этого является система защитных лесных полос, созданных в период работы «Особой Экспедиции» и ее последователями с 1893 по 1907 гг. За время своего существования этот рукотворный комплекс многократно доказывал свое преимущество перед степными агроландшафтами, своим влиянием на продуктивность пашни, высокой урожайностью сельскохозяйственных культур и многофункциональным влиянием на окружающую среду [1].

В настоящее время общая площадь лесных полос (по данным последней таксации 1992 г.) составляет 635,8 га, с площадью древостоя 538 га, произрастающих на землепользовании площадью 6214 га, принадлежащем Докучаевскому опытно-производственному хозяйству Воронежского научно-исследовательского института сельского хозяйства. Наибольшая часть лесных полос приходится на первое отделение хозяйства с площадью 3095 га. Здесь находятся самые ценные объекты Каменной Степи: старовозрастные лесные полосы, опытные посадки Г.Ф. Морозова, Н.Н. Михайлова, Е.С. Павловского и других исследователей, общей площадью 398,2 га.

В лесных полосах столетнего возраста, созданных по древесному и древесно-кустарниковому типу смешения, рост древесных пород происходит по разному, и его параметры изменяются в зависимости от условий местопроизрастания, формирующихся на разных типах местности [2].

Главными критериями устойчивости лесных насаждений к неблагоприятным природным и антропогенным воздействиям принято считать древостой, лесное насаждение и его структуру, индикаторами для древостоя – параметрические показатели его продуктивности и роста в высоту, по диаметру, запасу, макроструктуре древесины; индикаторами для лесного насаждения (помимо перечисленных) – ярусность, состав, разновозрастность, биоразнообразие видов [3]. Дифференциация деревьев в процессе их индивидуального развития обусловлена как генетическими, так и адаптивно - экотопическими факторами. Известно, что формирование высокопродуктивных древостоев посредством рубок ухода обеспечивается за счет оставления лучших деревьев и устранения конкуренции со стороны ближайшего их окружения, улучшения освещенности, активизации микробиологических процессов в почве, оптимизации других факторов среды [4], [5].

При проведении исследований нами изучалось состояние опытных старовозрастных прибалочных и стокорегулирующих лесных полос, подвергшихся жесткой засухе 2010 года, для получения исходных таксационных данных, которые будут использованы для анализа эффективности проведения рубок ухода новыми способами.

При этом решались следующие задачи:

1. Осуществление рекогносцировочного обследования лесных полос и подбор участков для проведения детальной таксации древостоя.
2. Проведение таксации лесных полос на выделенных участках для выявления роста древесных пород.
3. По данным полученным в ходе проведения исследований, установить породный состав и таксационные характеристики древостоя.

После проведения исследований нами получены новые таксационные данные для оценки жизненного состояния старовозрастных прибалочных и стокорегулирующих лесных полос, при помощи которых можно объективно планировать интенсивность лесохозяйственных уходов в водоохранных лесных полосах на склонах.

С целью изучения состояния опытных старовозрастных прибалочных лесных полос нами были проведены исследования в старовозрастной прибалочной и стокорегулирующей лесной полосе №72 (прибалочная, неравнобокая лесная полоса, созданная в 1907 году, площадью 3,26 га, состав 8Яо2Д, 1 класса бонитета), и лесной полосе №71 – лесонасаждение на склоне балки Таловой, неоднородное по происхождению, состоянию и соотношению пород, по данным таксации 2002 года. На участке «А» – насаждение порослевого происхождения после рубки основного древостоя в 1933 году. Насаждение 3 бонитета, 1-2-й добротности, полнотой 0,8-0,9. Состав 5В1Яп1КолД1Кт.

На участке «Б» – семенное насаждение 3 бонитета, полнотой 0,7. Состав 1-го яруса-5В3Ко2Яп+Б,Д,Гр.

Направление исследований обусловлено современным состоянием проблемы, возникшей после засушливых вегетационных периодов 2007-2010 гг., после которых в защитных лесонасаждениях Каменной Степи, в древостоях (возраст от 45 до 116 лет) проявились признаки деградации насаждений: большое количество сухостоя деревьев 1 и 2 яруса и почти полное усыхание быстрорастущих пород (береза 80%-90%, тополь бальзамический 45%-100%).

Методология изучения базировалась на системном подходе и комплексных принципах оценки. При решении поставленных задач были использованы методы натурных исследований, которые включают в себя всестороннее и комплексное изучение процессов роста и развития древесных пород используемых для лесомелиоративных целей с применением информации из фундаментальных и прикладных разработок. В работе были использованы типовые и усовершенствованные методики, применяемые в таксации, экологии и агролесомелиорации, а так же приемы исследований при проведении опытов, описанные в научных отчетах, архивных материалах и опубликованных работах ФГБНУ «Каменно-Степное опытное лесничество» [8].

По материалам полевых наблюдений во время камеральной обработки рассчитывались следующие показатели: состав насаждения по ярусам, для каждого яруса отдельно определяются: число деревьев, полнота (абсолютная в м²/га и относительная в долях единицы), запас стволовой древесины (по таблицам А.В. Тюрина, Ф.П. Моисеенко) [9], средние показатели яруса (высота и диаметр среднего дерева), бонитет (определяется по возрасту и высоте деревьев I яруса) и средний прирост по запасу древесины. Данные показатели вычислялись для деревьев I и II яруса, которые потом объединялись и являлись таксационной характеристикой древостоя. Для сравнительного анализа роста древесных пород, на участках лесных полос, полученные данные были обработаны методом вариационной статистики.

Степень достоверности полученных результатов была обеспечена и подтверждена многолетними (2005-2014 гг.) и комплексными исследованиями с применением современных методов компьютерной обработки данных биометрических и натурных наблюдений. Основные результаты исследований были проведены по статистически достоверной оценке на 95% уровне значимости.

При проведении исследований нами были выбраны по два участка (контроли) в каждой лесной полосе, по одному участку в семенной секции, и по одному участку в секции порослевого происхождения, на которых произвели детальную таксацию древостоя с замером всех биометрических параметров деревьев. Были рассчитаны все биометрические показатели древостоя (таблица 2). Определение жизненного состояния древостоя в целом и каждого дерева в отдельности проводилось по методике В.А.Алексеева [6].

Коэффициент напряженности роста (КОП) рассчитывался по формуле [7]:

$$\text{КОП} = \frac{H \times 100}{G_{1.3}} \quad (1)$$

где: КОП – коэффициент напряженности роста, см/см²; H – высота дерева, м; G_{1.3} – площадь поперечного сечения дерева на высоте 1,3 м/см².

Диагностика жизненного состояния (таблица 1) указывает на конкурентоспособность дерева древостоя, его дальнейшее существование при проведении рубок ухода или выборку отмирающих особей [10]. Анализируя данные таблицы 1 мы видим, что показатель жизненного состояния в исследуемых лесных полосах колеблется в пределах от 68,3% до 74,5%, что соответствует категории состояния «ослабленные». Так же мы можем видеть, что среднее значение ОЖС семенных насаждений на 8% ниже чем порослевых. В результате проведения жизненной оценки состояния лесных полос по показателям: Ln, Lv, Dv мы можем отнести данные насаждения к категории «ослабленные».

Используемый метод оценки жизненного состояния деревьев основывается на выявлении здоровых, ослабленных, сильно ослабленных деревьев, а также сухостоя не только по форме, состоянию, крупности и т.д. стволов деревьев, что не вызывает затруднений при таксации, но и на определении состояния ассимиляционного аппарата, характеристики которого (густота, ажурность, цвет листвы и т.д.) могут трактоваться разными людьми по разному [11]. Поэтому определение жизненного состояния деревьев используемым методом носит субъективный характер, зависящий от мнения конкретного исследователя. Для объективной оценки категории жизненного состояния деревьев целесообразно использовать дополнительные количественные показатели, которые должны быть технологичными, то есть легко и точно измеряемыми, а значения обуславливаться категориями состояния.

Анализируя данные таблицы 2, мы можем видеть, что защитные лесные насаждения растут и развиваются по низкому классу бонитета, чему способствовала саморегуляция древостоя (без проведения рубок ухода), что приводит к смене породного состава насаждений. Мы видим, что на порослевых участках главная порода дуб, практически совсем выпала из состава древостоя. Доля участия дуба в породном составе насаждения первого яруса составляет всего 10%-20%, а во втором ярусе он отсутствует совсем. На семенных участках процент дуба в составе насаждения составляет в первом ярусе 30%-50%, во втором 20%-40%.

Анализируя полноту и запас древостоя, мы видим, что полосы перегущены, полнота составляет 0,8-1,1, хотя при этом запас древесины в некоторых полосах составляет 70%-80% от запаса нормального насаждения, что говорит о ненормальном развитии древостоя.

Таблица 1 – Данные значений показателя жизненного состояния и комплексного оценочного показателя (КОП) прибалочных полос «Каменной Степи»

№ л/п	ОЖС, %	Ln	Lv	Dv, %	КОП, см/см ²
Семенной					
71	69,7	74,3	76,7	25,3	3,84
72	68,3	74,6	75,8	24,9	2,52
Порослевой					
71	72,1	75,1	78,1	22,7	3,95
72	74,5	76,2	76,9	23,1	8,25

Таблица 2 – Таксационные показатели древостоя на опытных вариантах лесных полос

Лесная полоса	Опытный вариант	Состав насаждения (1 и 2 ярус) Показатели 2 ярусов	Число деревьев шт./га.	Полнота		Запас древесины м ³ /га	Среднее		Бонитет
				относительная	абсолютная м ² /га		высота, м	диаметр, см	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
72	Сем.	7Яо3Д 4Лп2Яо2Д1Ко1В 7Яо3Д+Лп ед.Ко,В	170 129 299	0,7 0,1 0,8	26,298 4,121 30,419	299,02 36,89 335,91	26,5 18,5 23,0	44,3 20,0 33,8	2
72	Пор.	5Яо3Кам2Д+Ко 4Лп4Ко2Яо 4Яо2Кам2Д1Ко1Лп	515 878 1393	0,7 0,2 0,9	26,225 9,044 35,269	305,93 57,65 363,58	23,5 12,5 16,5	24,5 11,5 16,3	4
71	Сем.	5Д2Яп2В1Ко 10Ко+В 4Д2Яп2В2Ко	221 344 565	0,9 0,2 1,1	30,477 4,406 34,883	357,85 20,64 378,49	24,8 12,5 17,3	40,5 13,0 23,7	3
71	Пор.	6Яп2В1Д1Ко 4Ко3Яп3В 6Яп2В1Д1Ко	303 297 600	0,8 0,2 1,0	27,029 6,85 33,879	278,88 52,97 331,85	24,3 14,5 19,4	33,5 17,0 25,3	4

Так же в наших исследованиях в качестве показателя оценки состояния древостоя был применен коэффициент напряженности роста (КОП), который является важным критерием оценки достаточности изреживания насаждения. Данные коэффициента напряженности роста, представленные в таблице 1 свидетельствуют, что его значения варьируют от 2,52 до 8,25, что не является превышением оптимальных значений для данного класса возраста древостоя, и не указывает на снижение биологической устойчивости данных насаждений. Хотя значение коэффициента напряженности роста в порослевой части лесной полосы №72 находится в «пограничной зоне», на верхнем пределе оптимальных значений КОП, что указывает на начальную стадию снижения устойчивости данного насаждения. Из этого мы можем сделать вывод, что с увеличением крупности деревьев происходит снижение коэффициента напряженности роста. Наибольшими его значениями, равными 8,25 см/см² характеризуются порослевые участки лесной полосы №72 со средним диаметром насаждения 16,3 см и средней высотой 16,5 м, наименьшим семенные участки лесной полосы №72 со средним диаметром 33,8 см и средней высотой 23 м, а так же со снижением коэффициента напряженности отмечается снижение доли «слабых» и «отмирающих» деревьев и увеличение доли «здоровых» деревьев.

Исходя из полученных данных, мы можем сделать вывод, что при естественном формировании древостоя искусственно созданные защитные насаждения, созданные из дуба, ясеня и вяза теряют свою агроэкологическую эффективность, путем изменения конструкции самой лесной полосы. Происходит нежелательная смена пород. Появляется большое количество сухих деревьев, из состава насаждения выпадает главная порода – дуб, что ведет к снижению продолжительности жизни самого насаждения.

К настоящему времени состояние лесных полос можно оценить как «поврежденные» и «ослабленные», требующие незамедлительных санитарных рубок, с целью недопущения их окончательного распада и гибели. Это наглядно подтверждает необходимость своевременных рубок ухода в искусственно создаваемых лесных насаждениях.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Павловский Е.С. Развитие защитного лесоразведения в Каменной Степи в советское время// Лесные полосы Каменной Степи: сб. научных статей. Воронеж, 1967. С. 183-253.
2. Вавин В.С. Создание долговечных защитных лесных насаждений в условиях юго-востока ЦЧП / Вавин В.С., Рымарь В.Т., Ахтямов А.Г. и др. // Воронеж, 2007.
3. Степаненко И.И. Критерии и индикаторы роста, продуктивности лесных насаждений при их интенсивном выращивании / Лесной журнал. – 2015 – № 4 – С. 18-29.
4. Bréda N. Effects of thinning on soil and tree water relations, transpiration and growth in an oak forest (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) / Bréda N., Granier A., Aussenac G. / *Tree Physiol.* – 1995 – № 15 (5). – P. 295-306. doi: 10.1093/treephys/15.5.295.
5. Lagergren F. Thinning effects on pine-spruce forest transpiration in central Sweden / Lagergren F., Lankreijer H., Kučerab J. and others // *Forest Ecology and Management.* – 2008 – Vol. 255 – I. 7 – P. 2312–2323. doi:10.1016/j.foreco.2007.12.047.
6. Алексеев В.А. Диагностика повреждений деревьев и древостоев при атмосферном загрязнении и оценка их жизненного состояния / Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение. Ленинград: Наука, 1990 – С. 38-53.
7. Густова А.И. Оценка гидрофизических характеристик древесины для обоснования лесоводственных уходов в защитном лесоразведении / Густова А.И., Терехина Д.К. // *Аграрный вестник Урала.* – 2007 – № 5(41). – С. 55-59.
8. Павловский Е.С. Развитие защитных лесных экосистем и методы их изучения / Павловский Е.С., Вавин В.С., Ахтямов А.Г. и др. // Воронеж: Кварта, 2014-76с.
9. Моисеенко Ф.П. Ход роста и товарность семенных дубовых насаждений // *Лесное хозяйство* – 1964 - №4 - с.34-38.
10. Алешичев А.Н. Оценка жизненного состояния и поврежденности искусственных насаждений на Райчихинском бурогольном месторождении / *Вестник КрасГАУ.* – 2011 – № 6 – С. 74-78.
11. Шевелина И.В. Таксационные особенности сосновых древостоев различных стадий рекреационной дигрессии / Шевелина И.В., Коростелев И.Ф., Плотникова О.А и др. // *Лесной журнал.* – 2010 – №5. – С. 30-35.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Pavlovskii E.S. Razvitie zashchitnogo lesorazvedeniya v Kamennoi Stepi v sovetskoe vremya [Development of Protective Afforestation in Stone Steppe in Soviet Times] // *Lesnyye polosity Kamennoy Stepi: sb. nauchnykh statey* [Forest Belts of Stone Steppe: Coll. of scientific articles]. Voronezh, 1967. P. 183-253. [in Russian]
2. Vavin V.S. Sozdanie dolgovechnykh zashchitnykh lesnykh nasazhdenii v usloviyakh yugo-vostoka TsChP [Creating Long-lasting Protective Forest Plantations in Southeast of Central Black Earth Belt] / Vavin V.S., Rymar V.T., Akhtyamov A.G. and others // Voronezh, 2007 [in Russian]
3. Stepanenko I.I. Kriterii i indikatory rosta, produktivnosti lesnykh nasazhdenii pri ikh intensivnom vyrashchivani [Criteria and Indicators of Growth, Productivity of Forest Plantations with their Intensive Cultivation] / *Lesnoy zhurnal* [Forest Journal]. - 2015 - No. 4 – P. 18-29. [in Russian]
4. Bréda N. Effects of thinning on soil and tree water relations, transpiration and growth in an oak forest (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) / Bréda N., Granier A., Aussenac G. / *Tree Physiol.* – 1995 – № 15 (5). – P. 295-306. doi: 10.1093/treephys/15.5.295.
5. Lagergren F. Thinning effects on pine-spruce forest transpiration in central Sweden / Lagergren F., Lankreijer H., Kučerab J. and others // *Forest Ecology and Management.* – 2008 – Vol. 255 – I. 7 – P. 2312–2323. doi:10.1016/j.foreco.2007.12.047.
6. Alekseev V.A. Diagnostika povrezhdenii dereviev i drevostoev pri atmosfernom zagryaznenii i otsenka ikh zhiznennogo sostoyaniya [Diagnostics of Damage to Trees and Tree Stands during Atmospheric Pollution and Assessment of their Vital Status] / *Forest Ecosystems and Atmospheric Pollution.* Leningrad: Nauka, 1990 - P. 38-53. [in Russian]
7. Gustova A.I. Otsenka gidrofizicheskikh kharakteristik drevesiny dlia obosnovaniya lesovodstvennykh ukhodov v zashchitnom lesorazvedenii [Evaluation of Hydrophysical Characteristics of Wood Aimed at Justifying Silvicultural Plantings in Protective Afforestation] / Gustova A.I., Terekhina D.K. // *Agrarnyy vestnik Urala* [Agrarian Bulletin of the Urals]. – 2007 – No. 5 (41). – P. 55-59. [in Russian]
8. Pavlovskii E.S. Razvitie zashchitnykh lesnykh ekosistem i metody ikh izucheniya [Development of Protective Forest Ecosystems and Methods for their Study] / Pavlovskii E.S., Vavin V.S., Akhtyamov A.G. and others // Voronezh: Quarta, 2014-76 p.
9. Moiseenko F.P. Khod rosta i tovarnost semennykh dubovykh nasazhdenii [Course of Growth and Marketability of Seed Oak Plantations] // *Lesnoye khoziaystvo* [Forestry] 1964 – No.4 – p.34-38 [in Russian]
10. Aleshichev A.N. Otsenka zhiznennogo sostoyaniya i povrezhdennosti iskusstvennykh nasazhdenii na Raichikhinskom burougolnom mestorozhdenii [Assessment of Vital Status and Damage to Artificial Plantations at the Raychikhinsky Brown Coalfield] / *Herald of KrasSAU.* – 2011 – No. 6 – P. 74-78. [in Russian]
11. Shevelina I.V. Taksatsionnye osobennosti sosnovykh drevostoev razlichnykh stadii rekreatsionnoi digressii [Taxation Features of Pine Stands of Various Stages of Recreational Digression] / Shevelina I.V., Korostelev I.F., Plotnikova O.A. and others // *Lesnoy zhurnal* [Forest Journal]. – 2010 – No.5. – P. 30-35. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.76.10.011>

ДОПОЛНЕНИЕ ШКАЛЫ САНИТАРНОГО СОСТОЯНИЯ ДЛЯ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ КАЗАХСКОГО МЕЛКОСОПОЧНИКА ПО ВНЕШНИМ ФАУТНЫМ ПРИЗНАКАМ

Научная статья

Вибе Е.П.^{1,*}, Залесов С.В.²

¹ ORCID: 0000-0003-1458-5217,

Казахский научно-исследовательский институт лесного хозяйства и агролесомелиорации, Щучинск, Казахстан;

² ORCID: 0000-0003-3779-410X,

Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

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

Аннотация

Приведены результаты изучения влияния внешних фаутов на санитарное состояние деревьев и древостоев сосны обыкновенной. Проанализирована зависимость основных групп фаутных признаков и их связь с жизнеспособностью деревьев сосны. Уточнена и дополнена шкала санитарного состояния для сосны обыкновенной, произрастающей на территории Казахского мелкосопочника. Обоснованные в статье подходы к определению санитарного состояния деревьев и древостоев сосны обыкновенной могут быть использованы для совершенствования организации мониторинга сосновых лесов Республики Казахстан.

Ключевые слова: сосна обыкновенная, внешние фаутные признаки, категория санитарного состояния.

ADDITION TO SCALE OF SANITARY STATE FOR SCOTS PINE OF KAZAKH HILLOCKY AREA BY EXTERNAL DOTTED CHARACTERISTICS

Research article

Vibe E.P.^{1,*}, Zalesov S.V.²

¹ ORCID: 0000-0003-1458-5217,

Kazakh Research Institute of Forestry and Agroforestry, Shchuchinsk, Kazakhstan;

² ORCID: 0000-0003-3779-410X,

Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

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

Abstract

The article contains the results of studying the influence of external dotted areas on the sanitary state of trees and Scots pine. The dependence of the main groups of the dotted characteristics and their relation to the viability of pine trees is analyzed. The sanitary state scale for Scots pine grown on the territory of the Kazakh hillocky area is clarified and supplemented. The approaches to the determination of the sanitary state of trees and Scots pine in the pine forest can be used to improve the arrangement of monitoring of pine forests in the Republic of Kazakhstan.

Keywords: Scots Pine, external dotted characteristics, category of sanitary state.

Введение

В настоящее время существует большое количество методик определения жизненного состояния древостоев, использующих различные характеристики деревьев. Для оценки санитарного состояния древостоев в целом, необходимо иметь методику, позволяющую дать объективную оценку состояния отдельных деревьев. Существующая шкала санитарного состояния не позволяет достоверно определить состояние деревьев в каждом конкретном случае. Ряд авторов в своих исследованиях отмечают, что перечень применяемых диагностических признаков следует расширить и детализировать. Для одних – некоторые категории традиционной шкалы представляются слишком грубыми [1, С. 23], для других – рекомендуемая шкала в условиях региона носит достаточно субъективный характер [2, С. 18], а третьи – объясняют свою позицию масштабным ослаблением древостоев в последние десятилетия, которое увеличивает долю деревьев с патологиями, которые раньше были редкими [3, С. 6]. В связи с чем, в последнее время шкала санитарного состояния уточняется исходя из биологии конкретной древесной породы, для условий конкретного региона с учётом наличия очагов ксилофагов и болезней [3], [2], [4, С. 109], [5, С. 2-4].

Первостепенное значение диагностика состояния деревьев с учетом внешних фаутных признаков имеет при проведении выборочных санитарных рубок. Поэтому нами при оценке санитарного состояния сосновых древостоев была изучена закономерность распространенности основных внешних фаутов деревьев сосны с целью уточнения и дополнения существующей санитарной шкалы.

В своем исследовании мы в первую очередь отталкивались от биологических свойств сосны обыкновенной данного региона, которая выделена в подвид степная (*Pinus sylvestris* L. subsp. *kulundensis* Sukaczew.) [6, С. 144]. Сосна здесь низкоросла, полнодревесна, толстокожа, отличается поверхностной корневой системой и повышенной жизнестойкостью против механических повреждений [7, С. 20].

Установление закономерностей встречаемости и зависимости фаутных признаков от степени ослабленности деревьев, позволяет наиболее точно определить санитарное состояние древостоев, а также объективно оценить жизнеспособность каждого дерева. Еще большую актуальность данный вопрос приобретает в результате общего ослабления сосновых древостоев Казахского мелкосопочника на фоне усиления рекреационных нагрузок и преобладания древостоев V, VI и выше классов возраста в лесном фонде региона.

Методы исследования

Исследования проводились на территории государственного национального природного парка «Бурабай» в период с 2015 по 2017 года. Объектом исследования являлись чистые сосновые древостои III-VII класса возраста очень сухих, сухих и свежих условий произрастания. Закладка пробных площадей проведена согласно существующим методическим приемам со сплошным пересчетом деревьев на пробных площадях [8].

Определение основных внешних фаутных признаков проводилось по описаниям, приведенным в ГОСТ 2140-81 [9], определителям и альбомам по лесозащите и порокам древесины [10], [11], [12]. Распространенность признаков определялась по доле деревьев с фаутами от общего количества учтенных деревьев на пробной площади. Корреляционный анализ выполнен с помощью пакета анализа программы Excel.

Результаты исследования

В результате проведенного исследования впервые для сосновых древостоев района исследований изучена и дана количественная характеристика фаутности. Основными видами фаутности, которые мы сгруппировали в фаутные признаки, являются – плодовые тела сосновой губки (*Porodaedalea pini* (Brot.) Murrill), «смоляные раны», загнившие сучки, отверстия ксилофагов, наросты и раковые образования, кривизна и наклон ствола, механические повреждения, сухая вершина, однобокая крона.

«Смоляными ранами (трещинами)» нами обозначены засмоленные участки коры в комлевой части деревьев. Кора в последующем растрескивается, опадает, и становятся хорошо заметными смоляные припухлости около продольной трещины обычно не превышающей 20 см. Смолотечение в комлевой части указывает на образование и развитие смоляных трещин под корой. Деревья со «смоляными ранами» отмечены в древостоях с III класса возраста, где данное повреждение встречается единично. В VII классе возраста количество таких деревьев достигает в сухих условиях произрастания 21,5%, в свежих – 13,9%.

Для изучения связи между распространенностью фаутных признаков в различных группах лесорастительных условий выполнен корреляционный анализ. В таблице 1 сгруппированы только те признаки, которые имели между собой положительную корреляцию и сильный характер связи.

Таблица 1 – Корреляция между фаутными признаками в различных группах типов лесорастительных условий

Фаутные признаки	Группы типов лесорастительных условий		
	очень сухой сосняк	сухой сосняк	свежий сосняк
Плодовые тела	Механические повреждения (0,96)	Загнившие сучки (0,74), наросты, раковые образования (0,86)	Загнившие сучки (0,99), механические повреждения (0,71)
Загнившие сучки	Отверстия ксилофагов (1), наклон ствола (0,70)	Плодовые тела (0,74),	Плодовые тела (0,99), механические повреждения (0,71)
Отверстия ксилофагов	Загнившие сучки (1), наклон ствола (0,70)	Сухая вершина (0,80), однобокая крона (0,70)	Сухая вершина (0,86), кривизна ствола (0,86)
«Смоляные раны»	Наросты, раковые образования (0,98), сухая вершина (0,70)	Кривизна ствола (0,92)	Механические повреждения (0,97)
Наросты, раковые образования	Смоляные раны (0,98), сухая вершина (0,82), однобокая крона (0,70)	Плодовые тела (0,86), механические повреждения (0,74), наклон ствола (0,98)	Смолотечение (0,73)
Наклон ствола	Отверстия ксилофагов (0,70)	Сухая вершина (0,86), механические повреждения (0,98)	Однобокая крона (0,98)
Сухая вершина	Смоляные раны (0,70), наросты, раковые образования (0,82), однобокая крона (0,98)	Отверстия ксилофагов (0,80), механические повреждения (0,75), наклон ствола (0,86), однобокая крона (0,98)	Отверстия ксилофагов (0,86), кривизна ствола (0,75)
Кривизна ствола	Наклон ствола (0,99), механические повреждения (0,70)	«Смоляные раны» (0,92)	Отверстия ксилофагов (0,86), сухая вершина (0,75)

В результате корреляционного анализа установлена тесная прямая зависимость между количественными показателями пораженности деревьев стволовой гнилью (плодовыми телами сосновой губки) и деревьев с механическими повреждениями ствола, с загнившими сучками, образованием раковых опухолей и наростов. Наличие на дереве загнивших сучков имеют положительную зависимость с плодовыми телами сосновой губки, механическими повреждениями ствола, лётными отверстиями ксилофагов, а также наклоном ствола.

Количество деревьев с лётными отверстиями ксилофагов напрямую зависят от количества деревьев с усохшей вершиной, наклоном и кривизной ствола. Такую связь можно объяснить ослаблением дерева при данных признаках, и, как следствие, заселение стволовыми вредителями. Также прямая зависимость отмечается между встречаемостью лётных отверстий на деревьях и количеством деревьев с загнившими сучками. Данный признак наиболее характерен для деревьев, растущих в зоне активного посещения (усилением рекреационной нагрузки), в спелых и перестойных

насаждениях. Здесь повреждения ствола птицами и лётные отверстия ксилофагов почти всегда присутствуют на деревьях с плодовыми телами. Гниль достигает второй, третьей стадии деструкции древесины.

Взаимосвязь количества деревьев с признаком «смоляные раны» статистически достоверна с количеством деревьев с наростами и раковыми образованиями, механическими повреждениями, кривизной ствола, сухой вершиной. В свежих лесорастительных условиях данный признак имеет корреляционную связь (0,56) с количеством деревьев с плодовыми телами. Поскольку в группе типов леса свежий сосняк деревья в большей степени повреждены стволовой гнилью, то вполне вероятно, что данный фаутовый признак связан с развитием гнили в нижней части стволов.

Таким образом, ряд фаутовых признаков имеет между собой прямую сильную корреляционную связь, что может быть использовано для совершенствования лесопатологического мониторинга.

На основе данных собственных наблюдений и используя источники научной информации, фаутовые признаки сгруппированы по категориям санитарного состояния с учётом их фактической встречаемости (табл. 2).

Таблица 2 – Уточненная и дополненная шкала санитарного состояния деревьев сосны по внешним фаутовым признакам

Фаутовый признак	Степень развития и встречаемость по категориям санитарного состояния			
	1 категория (условно здоровое)	2 категория (ослабленные)	3 категория (сильно ослабленные)	4 категория (усыхающие)
Плодовые тела сосновой губки	-	Единично	Многочисленно, старые и свежие, до 1/3 длины ствола	Многочисленно, старые и свежие, до 2/3 длины ствола
Ксилофаги	-	Единично, одного вида	Многочисленно, разные виды, до 1/3 длины ствола	Многочисленно, разные виды, до 2/3 длины ствола
«Смоляные раны»	Несколько (< 5 шт.) на 1/2 окружности нижней части ствола	Более 5 шт. на 1/2 окружности нижней части ствола	Многочисленны по всей окружности нижней части ствола	
Механические повреждения	Единично, длина и ширина до 1/2 окружности в нижней части ствола	Единично, длина до 2 метров, ширина до 1/2 окружности ствола	Несколько, длина до 4 метров, ширина до 1/2 окружности ствола	
Сухая вершина	-	Менее 1/4 кроны	1/4 – 1/2 кроны	Более 1/2 кроны
Наклон ствола	Прямой до 15°	Прямой 15-30°	Прямой более 30°	
Наросты, раковые образования	Единично, не превышающие 1/2 окружности ствола	Несколько, ≥ 1/2 окружности ствола, трещиноватые из которых выделяется смола	Многочисленные, 1/2 окружности ствола, трещиноватые с открытыми язвами	
Кривизна ствола	Радиус искривления меньше 1/2 окружности ствола	Радиус искривления равен окружности ствола	Радиус искривления более окружности ствола	

Приведенные данные свидетельствуют, что на санитарное состояние деревьев влияет множество различных фаутов и степень их развития.

Деревья без признаков ослабления (здоровые) охарактеризованы в классической шкале как деревья, крона которых густая, хвоя зеленая, усыханий и повреждений нет. Такие деревья преобладают во II, III и отчасти в IV классах возраста.

Поскольку фаутовость деревьев напрямую зависит от их возраста, то с увеличением данного показателя у деревьев 1 категории санитарного состояния встречаются отклонения, выраженные, например, в небольших механических повреждениях ствола, в наличии суевей и неразрозвшихся раковых образований, прямом наклоне ствола до 15°. Крона таких деревьев не выглядит ослабленной, но на дереве имеются повреждения, поэтому дерево оценивается как условно здоровое.

На деревьях, из категории ослабленные, нами были отмечены попытки поселения отдельных видов стволовых вредителей, единичные плодовые тела сосновой губки. Ранее такие признаки были отнесены только к сильно ослабленным деревьям. Данные близкие с нашими наблюдениями, отражены в расширенной шкале категорий состояния В.Г. Стороженко, который к категории ослабленных относит деревья с плодовыми телами и явными признаками гнилей [1, С. 24]. А.И. Татаринцев при оценке вредоносности болезней отмечал центральную стволовую гниль, вызываемую *P. pini* у 48,7% деревьев из 1 категории состояния, 46,0% у ослабленных и только 4,4% у сильно ослабленных деревьев [13]. Такое распределение обусловлено тем, что в стволе разрушению подвергается только ядровая древесина, физиологически активная заболонь практически остается не тронутой.

Значительная степень развития некоторых признаков присуща только сильно ослабленным деревьям. Это деревья со старыми и свежими плодовыми телами, которые распространены по стволу до 5 метров и более, с наличием углублений в стволе в результате повреждений птицами и многочисленных лётных отверстий разных видов ксилофагов. Особенно характерны такие признаки для деревьев, в спелых и перестойных древостоях, растущих в зоне активного посещения. Механические повреждения ствола протяженностью до 4 метров (зачастую с «возрастом» повреждения), наклон ствола более 30^0 отмечены почти всегда только у деревьев 3 категории состояния. Поскольку в данном регионе у сосны развивается поверхностная корневая система, учитывая частые ветра и ветровалы им сопутствующие – деревья с наклоном более 30^0 можно считать аварийными.

В уточненную и дополненную шкалу не включены деревья с однобокой кроной, поскольку данный признак довольно четко подходит под описания указанные в классической шкале санитарного состояния по состоянию кроны. Но учитывая, что однобокая крона является признаком развития в стволе отлупа, крени или тяговой древесины приводящее к бурелому, то такие деревья подлежат уборке при сильном ослаблении.

Нередко на дереве присутствует несколько фаутных признаков. Один признак влечет за собой развитие другого или проявление одного признака сопряжено с другими. Если на дереве присутствует несколько фаутных признаков с разной степенью развития, то перспективность дерева оценивается по признаку, отражающему наибольшую степень ослабленности.

Заключение

Полученные данные позволили установить закономерность встречаемости и зависимости фаутных признаков от степени ослабленности деревьев. Наименее ослабленными оказались деревья, имеющие небольшие механические повреждения, неразросшиеся раковые образования, прямой наклон ствола до 15^0 . Наиболее ослабленными – деревья со старыми и свежими плодовыми телами сосновой губки, которые распространены до 2/3 длины ствола, многочисленными лётными отверстиями разных видов ксилофагов, значительными механическими повреждениями, прямым наклоном ствола более 30^0 .

Описание степени развития всех повреждений и признаков, встречающихся на деревьях сосны и их связь с жизнеспособностью растения, дают более четкую картину, чем классическая категория санитарного состояния. Поэтому, нами обоснована целесообразность введения расширенной шкалы при детальных лесопатологических обследованиях сосновых древостоев в лесохозяйственных учреждениях региона для отбора деревьев при выборочных санитарных рубках.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Стороженко В.Г. Эволюционные принципы поведения дереворазрушающих грибов в лесных биогеоценозах / В.Г. Стороженко. – Тула: Гриф и К., 2014. – 184 с.
2. Мусиевский А.Л. Оценка санитарного состояния культур сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) Савальского лесничества Воронежской области / А.Л. Мусиевский, А.А. Плужников // Научный журнал КубГАУ. – 2012. – №8. – URL: <http://ej.kubagro.ru/2012/08/pdf/55.pdf> (дата обращения: 13.02.2015).
3. Царалунга В.В. Внешние признаки патологии дуба черешчатого / В.В. Царалунга, Е.С. Фурменкова, А.А. Крюкова. – Воронеж: ВГЛУ, 2015. – 231 с.
4. Маслов А.Д. Короед-типограф и усыхание еловых лесов / А.Д. Маслов. – М.: ВНИИЛМ, 2010. – 138 с.
5. Гниненко Ю.И. Шкала оценки санитарного состояния березняков / Ю.И. Гниненко. – Кокшетау: Кокшетауский ЦНТИ, 1995. – 8 с.
6. Правдин Л.Ф. Сосна обыкновенная. Изменчивость, внутривидовая систематика и селекция / Л.Ф. Правдин. – М.: Наука, 1964. – 191 с.
7. Сукачев В.Н. Очерк лесной растительности заповедника «Боровое» / В.Н. Сукачев // Труды государственного заповедника «Боровое». – 1948. – Вып. 1. – С. 14-40.
8. Данчева А.В. Экологический мониторинг лесных насаждений рекреационного назначения / А.В. Данчева, С.В. Залесов. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2015. – 152 с.
9. ГОСТ 2140-81 Видимые пороки древесины. Классификация, термины и определения, способы измерения. – М.: Стандартиформ, 2006. – 121 с.
10. Авдеев Ю.М. Методические аспекты оценки фаутности лесных экосистем / Ю.М. Авдеев / Materiály X mezinárodní vědecko-praktická conference «Efektivní nástroje moderních věd – 2014». – Praha: Publishing House «Education and Science» s.r.o., 2014. – С. 32-38.
11. Матвеев-Мотин А.С. Скрытые пороки древесины и методы их распознавания / А.С. Матвеев-Мотин, И.А. Алексеев. – М.: Гослесбумиздат, 1963. – 208 с.
12. Кузьмичев Е.П. Болезни древесных растений: справочник [Болезни и вредители в лесах России. Том 1.]. / Е.П. Кузьмичев, Э.С. Соколова, Е.Г. Мозолевская. – М.: ВНИИЛМ, 2004. – 120 с.
13. Татаринцев А.И. Фитопатологическое состояние древостоев сосны обыкновенной в пригородной зоне левобережной части Красноярск / А.И. Татаринцев // Труды государственного заповедника "Столбы" №17 – URL: <http://www.stolby.ru/Mat/GPZ/v17/15.asp> (дата обращения 14.08.2016).

Список литературы на английском языке / References in English

1. Storozhenko V.G. Jevolvjucionnye principy povedenija derevorazrushajushhih gribov v lesnyh biogeocenozech [Evolutionary principles conduct of wood-destroying fungi in the forest biogeocenosis] / V.G. Storozhenko. – Tula: Grif & K., 2014. – 184 p. [in Russian]

2. Musievskij A.L. Ocenka sanitarnogo sostojanija kul'tur sosny obyknovennoj (Pinus sylvestris L.) Saval'skogo lesnichestva Voronezhskoj oblasti [Assessment of the sanitary condition of Scots Pine (Pinus sylvestris L.) cultures of the Savalsky forest district of the Voronezh Region] / A.L. Musievskij, A.A. Pluzhnikov // Nauchnyj zhurnal KubGAU [Scientific journal KubSAU]. – 2012. – №8. – URL: <http://ej.kubagro.ru/2012/08/pdf/55.pdf> (data obrashhenija [date of the application]: 13.02.2015). [in Russian]
3. Tsaralunga V.V. Vneshnie priznaki patologii duba chereshchatogo [External signs of English oak' pathology] / V.V. Tsaralunga, E.S. Furmenkova, A.A. Krjukova. – Voronezh: VSFU, 2015. – 231 p. [in Russian]
4. Maslov A.D. Koroed-tipograf i usyhanie elovyh lesov [Eight-dentated bark beetle and drying of fir forests] / A.D. Maslov. – M.: ARRISMF, 2010. – 138 p. [in Russian]
5. Gninenko Ju.I. Shkala ocenki sanitarnogo sostojanija bereznjakov [The scale of assessing the sanitary condition of birch forests] / Ju.I. Gninenko. – Kokshetau: Kokshetau CSTI, 1995. – 8 p. [in Russian]
6. Pravdin L.F. Sosna obyknovennaja. Izmenchivost', vnutrividovaja sistematika i selekcija [Scots Pine. Variability, intraspecific taxonomy and selection] / L.F. Pravdin. – M.: Science, 1964. – 191 p. [in Russian]
7. Sukachev V.N. Oчерк lesnoj rastitel'nosti zapovednika «Borovoe» [An outline of the forest vegetation of the reserve «Borovoe»] / V.N. Sukachev // Trudy gosudarstvennogo zapovednika «Borovoe» [Proceedings of the State Reserve «Borovoe»]. – 1948. – Number 1. – P. 14-40. [in Russian]
8. Dancheva A.V. Jekologicheskij monitoring lesnyh nasazhdenij rekreacionnogo naznachenija [Ecological monitoring of forest plantations for recreational purpose] / A.V. Dancheva, S.V. Zalesov. – Ekaterinburg: Ural. gos. lesotehn. un-t [Ural. state. forestengin. university], 2015. – 152 p. [in Russian]
9. GOST 2140-81 Vidimye poroki drevesiny. Klassifikacija, terminy i opredelenija, sposoby izmerenija [All Union State standart 2140-81 Visible defects of wood. Classification, terms and definitions, methods of measurement]. – M.: Standardinform, 2006. – 121 p. [in Russian]
10. Avdeev Ju.M. Metodicheskie aspekty ocenki faunosti lesnyh jekosistem [Methodical aspects of forest ecosystems fauna estimation] / Ju.M. Avdeev / Materialy X Mezhdunarodnaja nauchno-prakticheskaja konferencija «Jеffektivnye instrumenty sovremennoj nauki - 2014» [Materials X International Scientific and Practical Conference «Effective tools of modern science – 2014»]. – Publishing House «Education and Science» s.r.o, 2014. – P. 32-38. [in Russian]
11. Matveev-Motin A.S. Skrytye poroki drevesiny i metody ih raspoznavanija [Hidden defects of wood and methods of their recognition] / A.S. Matveev-Motin, I.A. Alekseev. – M.: Goslesbumizdat, 1963. – 208 p. [in Russian]
12. Kuzmichev E.P. Bolezni drevesnyh rastenij: spravochnik [Bolezni i vrediteli v lesah Rossii. Tom 1. [Diseases of woody plants: a directory [Diseases and pests in the forests of Russia. Volume 1].] / E.P. Kuzmichev, Je.S. Sokolova, E.G. Mozolevskaja. – M.: ARRISMF, 2004. – 120 p. [in Russian]
13. Tatarincev A.I. Fitopatologicheskoe sostojanie drevostoev sosny obyknovennoj v prigorodnoj zone levoberezhnoj chasti Krasnojarska [Phytopathological status of pine stands in the suburban area of the left-bank part of Krasnoyarsk] / A.I. Tatarincev // Trudy gosudarstvennogo zapovednika "Stolby" №17 [Proceedings of the State Reserve "Stolby" № 17] – URL: <http://www.stolby.ru/Mat/GPZ/v17/15.asp> (data obrashhenija [date of the application] 14.08.2016). [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.76.10.012>**ВЛИЯНИЕ ПОСЛЕДЕЙСТВИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ**

Научная статья

Гаврилова А.Ю.^{1,*}, Понкратенкова И.В.², Мерзлая Г.Е.³^{1,2} Смоленский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, Смоленск, Россия;³ Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова, Москва, Россия

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

Аннотация

На дерново-подзолистой легкосуглинистой почве Смоленской области изучали влияние длительного последствия органических и минеральных удобрений на урожайность и качество многолетних трав двух лет пользования. Наибольшая урожайность сена получена в органо-минеральных вариантах с высокими дозами удобрений: $N_{120-150}P_{120-150}K_{120-150}+12-15$ т/га подстильного навоза, составившая в среднем за 2 года 8,0 - 8,2 т/га. Последствие возрастающих доз органических и минеральных удобрений увеличивало в травосмесях долю клевера лугового и уменьшало долю злаков. Формирование травостоев с высоким содержанием бобового компонента повышало протеиновую питательность сена. Выход кормового белка при последствии высоких доз удобрений составлял 1,15 - 1,19 т/га, а обеспеченность 1 кг кормовых единиц переваримым протеином - 170 г. Наилучшие экономические показатели были получены по последствию совместного внесения органических и минеральных удобрений в максимальных дозах.

Ключевые слова: минеральные и органические удобрения, дозы и сочетания, многолетние травы, урожайность, качество, протеиновая питательность.

INFLUENCE OF EFFECTS OF ORGANIC AND MINERAL FERTILIZERS ON YIELD AND QUALITY OF MULTI-YEAR GRASSES

Research article

Gavrilova A.Yu.^{1,*}, Ponkratenkova I.V.², Merzlay G.E.³^{1,2} Smolensk Research Institute of Agriculture, Smolensk, Russia;³ All-Russian Scientific Research Institute of Agrochemistry named after D.N. Pryanishnikov Moscow, Russia

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

Abstract

The influence of a long aftereffect of organic and mineral fertilizers on the yield and quality of perennial grasses of two years of use was studied on sod podzol light loamy soils of the Smolensk region. The highest yield of hay was obtained in organic mineral variants with high doses of fertilizers: $N_{120-150}P_{120-150}K_{120-150}+12-15$ t/ha of dung, which averaged 8.0 – 8.2 t/ha per hectare for two years. The aftereffect of increasing doses of organic and mineral fertilizers increased the proportion of meadow clover in grass mixtures and reduced the proportion of cereals. The formation of grass with a high content of bean component increased the protein nutrition of hay. The yield of fodder protein at the aftereffect of high doses of fertilizers was 1.15-1.19 t/ha, and the supply of 1 kg of feed units with the digestible protein was 170 g. The best economic indicators were obtained after the aftereffect of the joint application of organic and mineral fertilizers at the maximum doses.

Keywords: mineral and organic fertilizers, doses and combinations, perennial grasses, yield, quality, protein nutrition.

Возделывание бобово-злаковых травосмесей является важным приемом оптимизации кормовой базы животноводства и во многом решает проблему дефицита кормового белка и в то же время способствует повышению плодородия почв, обеспечивая их биологически фиксированным азотом. Увеличение посевов бобово - злаковых травосмесей в Нечерноземной зоне особенно важно на малогумусных землях. К основным факторам, обеспечивающим повышение почвенного плодородия и прирост урожайности сельскохозяйственных культур, относится научно обоснованное применение удобрений [1, С. 383], [2, С. 74], [3, С. 26]. В условиях критического сокращения в нашей стране за последние 15 лет поголовья скота, и, соответственно, объемов внесения органических удобрений, прежде всего навоза и компостов на его основе, большое значение приобретает максимальное использование всех растительных отходов, пожнивно - корневых остатков, а также расширение посевов бобово - злаковых травосмесей. Особенно важно в этих условиях учитывать также последствие ранее внесенных удобрений. Этот вопрос привлекает все большее внимание ученых и специалистов аграрного профиля, так как имеет не только научное, но и первоочередное практическое значение [4, С. 142], [5, С. 28], [6, С. 211].

Методика исследований

Изучение эффективности последствия удобрений осуществляли в многолетнем полевом опыте, заложенном в 1978 г. на двух полях ФГБНУ Смоленского НИИСХ в п. Олыша. Последствие органических и минеральных удобрений определяли на многолетних травах в 2012 - 2013 гг. Травосмесь клевера лугового сорта Надёжный (12 кг/га) с тимopheевкой луговой сорта Ленинградская 204 (8 кг/га) высевали под покровную культуру - яровой ячмень сеялкой СЗТ-3,6.

Общая площадь делянки 112 м² (7х16), повторность опыта - трехкратная. Схема опыта сокращённая факториальная, представленная выборкой 1/27 (6х6х6х6), предусматривает изучение 4 факторов: подстильного навоза, азотных, фосфорных и калийных минеральных удобрений в 6 градациях доз - 0, 1, 2, 3, 4, 5. Севооборот зернотравяной.

В течение первых четырех ротаций севооборота (30 лет) рассматривали действие органических и минеральных удобрений. В среднем за эти годы единичные ежегодные дозы удобрений составили N_{30} , P_{30} , K_{30} , навоза - 3 т/га. Под

многолетние травы удобрения не вносили. С 2009 г. изучали последствие органических и минеральных удобрений на фоне весенней подкормки аммиачной селитрой в дозе азота N_{45} .

Почва изучаемого участка дерново - подзолистая легкосуглинистая с низким содержанием органического вещества (1,5 - 2,0%), слабокислой реакцией почвенной среды (5,5 - 5,6), высоким (150 - 170 мг/кг почвы) и повышенным (120 - 150 мг/кг почвы) содержанием подвижных соединений P_2O_5 и K_2O соответственно.

Все исследования и наблюдения в полевом опыте проведены по общепринятым методикам [7, С. 242], [8, С. 95], [9, С. 187], [10, С. 83].

Метеорологические условия в период исследований различались по годам. В мае 2012 г. количество атмосферных осадков приближалось к среднемугодовому значению (60 мм). В июне и августе осадков выпало в 1,7 раза выше нормы и наблюдалось переувлажнение почвы. Июль, наоборот, характеризовался резким недостатком влаги. В 2013 г. в начале вегетации выпало 114 мм осадков, или в 2 раза больше нормы (60 мм). Окончание вегетации было, наоборот, остро засушливым (31 мм).

Результаты исследований

Урожайность сена травостоя в первый год использования была высокой и даже на контроле находилась на уровне 9,33 т/га. На второй год использования на фоне без внесения минеральных удобрений урожайность трав снизилась до 3,73 т/га и в среднем за два года составила 6,53 т/га (табл. 1). При анализе последствий одностороннего использования удобрений эффект отмечался только по калию, и в варианте K_{90} прибавка урожая сена к контролю в среднем за 2 года была существенной, достигая 0,93 т/га, или 14%. Об этом же свидетельствуют приведенные ниже уравнения регрессии 1 - 3:

$$Y_{1 \text{ г.п.}} = 9,33 - 0,29N - 0,43P + 0,80K^{0,5} + 0,73PN^{0,5}; R = 0,59 \quad (1)$$

$$Y_{2 \text{ г.п.}} = 3,73 - 2,11P + 1,52K + 3,58PN^{0,5}; R = 0,55 \quad (2)$$

$$Y_{\text{средняя}} = 6,53 - 3,13P + 5,22K^{0,5} + 4,95PN^{0,5}; R = 0,67 \quad (3)$$

где: Y - урожайность, N - азот, P - фосфор, K - калий, H - навоз.

Наиболее эффективными при возделывании травосмеси были варианты последствий органо - минеральных систем удобрения. Однако каждый последующий органо - минеральный фон с повышением объема вносимых удобрений по продуктивности сена достоверно отличался от предыдущего, с более низкими дозами (табл. 1).

Максимальных значений урожайность трав достигла на фоне последствий комплексного применения органических и минеральных удобрений в высоких дозах - $N_{120}P_{120}K_{120}+12$ т/га навоза и $N_{150}P_{150}K_{150}+15$ т/га навоза, составившая ориентировочно 7,96 т/га и 8,21 т/га соответственно, что на 22 и 26% превышало контроль.

Было определено, что в условиях проведенного эксперимента урожай травостоя первого года жизни за счет высокого содержания в агрофитоценозе бобового компонента повышался в 2,1 - 2,6 раза относительно урожая трав второго года.

Таблица 1 – Влияние последствий органических и минеральных удобрений на урожай сена многолетних трав

Вариант опыта	Урожайность многолетних трав, т/га		В среднем за 2 года		
	1-го г.п., 2012 г.	2-го г.п., 2013 г.	урожайность, т/га	прибавка т/га	%
Контроль	9,33	3,73	6,53	-	-
N_{90}	8,47	3,73	6,10	-	-
P_{90}	8,04	3,10	5,57	-	-
K_{90}	10,72	4,19	7,46	0,93	14
$N_{90}P_{90}K_{90}$ (минеральная система)	8,57	3,55	6,06	-	-
9 т/га навоза (органическая система)	9,33	3,73	6,53	-	-
$N_{30}P_{30}K_{30}+3$ т/га навоза (органоминеральная система 1)	10,15	4,03	7,09	0,56	8
$N_{60}P_{60}K_{60}+6$ т/га навоза (органоминеральная система 2)	10,49	4,33	7,41	0,88	13
$N_{90}P_{90}K_{90}+9$ т/га навоза (органоминеральная система 3)	10,76	4,63	7,69	1,16	18
$N_{120}P_{120}K_{120}+12$ т/га навоза (органоминеральная система 4)	10,99	4,93	7,96	1,43	22
$N_{150}P_{150}K_{150}+15$ т/га навоза (органоминеральная система 5)	11,19	5,23	8,21	1,68	26
HCP_{05}	0,47	0,83	0,50		

Примечание: N - азот, P - фосфор, K - калий.

Изучение ботанического состава травостоя установило, что последствия одностороннего внесения навоза (9 т/га), фосфора (P_{90}), калия (K_{90}) и особенно азота (N_{90}) снижало долю клевера и увеличивало количество злаков относительно контроля в агрофитоценозе в 1-й и 2-й год использования (табл. 2). Резко снижалось участие бобовых в травостое первого года пользования при одностороннем использовании N_{90} и $N_{90}P_{90}K_{90}$. Последствия комплексного использования удобрений и навоза, наоборот, увеличивало долю клевера лугового до 96,0% и 31,5% соответственно в агрофитоценозах 1-го и 2-го годов пользования.

Таблица 2 – Ботанический состав травостоев 1-го и 2-го годов пользования, % по массе

Вариант	Травостои 1-го года пользования			Травостои 2-го года пользования		
	клевер	тимо- феев-ка	разно- травье	клевер	тимо- феев-ка	разно- травье
Контроль	87,0	11,2	1,8	17,0	80,0	3,0
N ₉₀	84,2	15,3	0,5	15,0	84,2	0,8
P ₉₀	73,5	25,8	0,7	12,5	81,3	6,2
K ₉₀	60,1	31,3	8,6	13,7	84,0	2,3
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ (минеральная система)	70,5	17,0	12,5	14,3	81,6	4,1
9 т/га навоза (органическая система)	86,6	13,4	-	15,8	78,9	5,3
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ + 3 т/га навоза (органо- минеральная система 1)	86,1	12,3	1,6	17,9	71,6	10,5
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +6 т/га навоза (органо- минеральная система 2)	87,0	7,0	6,0	25,9	72,9	1,2
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ +9 т/га навоза (органо- минеральная система 3)	92,2	7,3	0,5	28,6	70,3	1,1
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ +12 т/га навоза (органо-минеральная система 4)	93,5	5,6	0,9	31,5	64,7	3,8
N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₁₅₀ +15 т/га навоза (органо-минеральная система 5)	96,0	4,0	-	27,3	68,3	4,4

На органо-минеральном фоне с повышением объема вносимых удобрений участие бобового компонента, как правило, повышалось (рис. 1, 2).

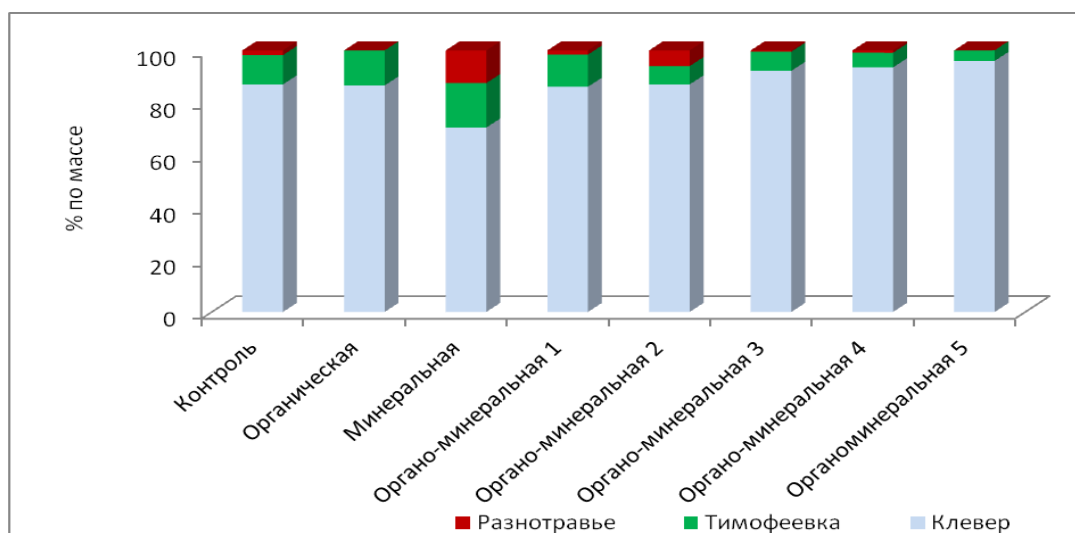


Рис. 1 – Ботанический состав травостоя 1-го года жизни в зависимости от систем удобрения

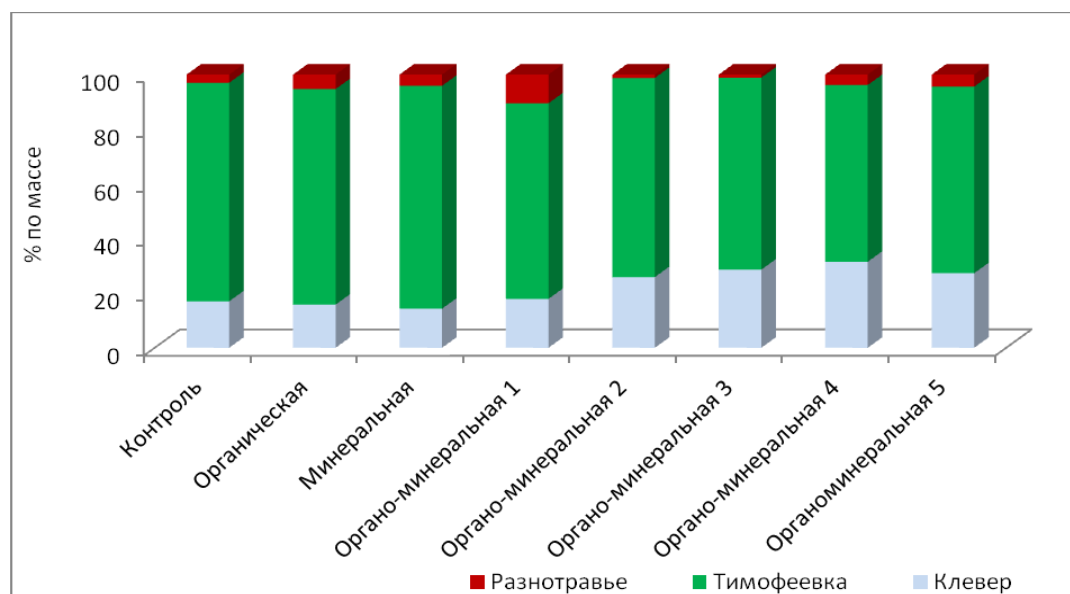


Рис. 2 – Ботанический состав травостоя 2-го года жизни в зависимости от систем удобрения

При анализе кормового достоинства многолетних трав установлено его улучшение с внесением удобрений. Так, на варианте без внесения удобрений количество сырого протеина в сене составляло 11,2%, а в вариантах с последствием удобрений оно варьировало от 11,3 до 14,5%. Особенно заметной эта тенденция была при использовании навоза, где процент сырого протеина в сене повышался до 13,1%, и при применении органо-минеральных систем удобрения, где этот параметр повышался с увеличением доз до 13,4 - 14,5% (рис. 3).

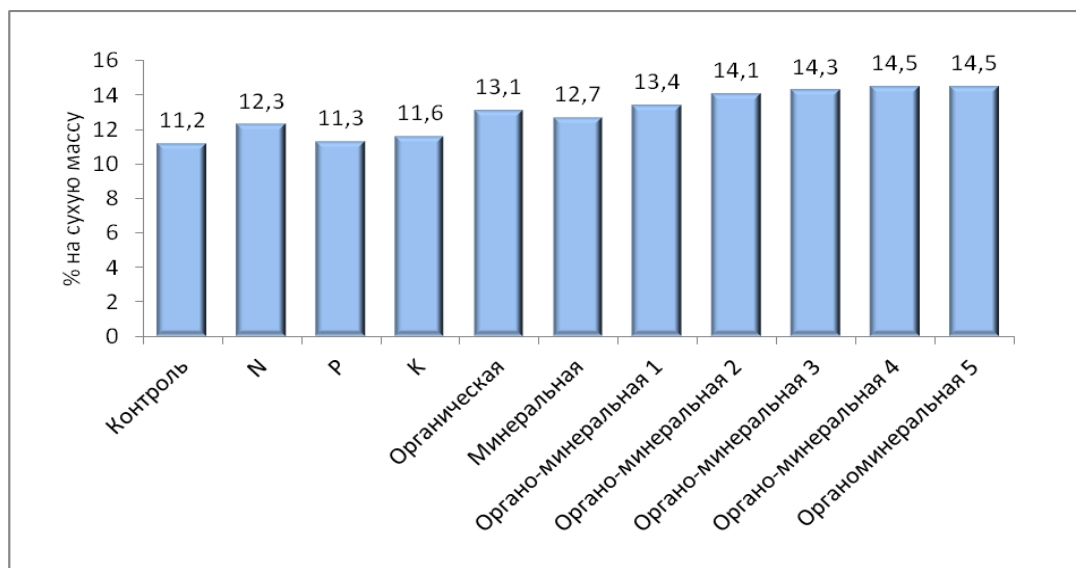


Рис. 3 – Содержание сырого протеина в сене многолетних трав, в среднем за 2012-2013 гг.

Повышение протеиновой питательности трав от удобрений прослеживается и по такому показателю, как выход сырого протеина с единицы площади.

Как показано на рисунке 4, при возделывании многолетних трав в севообороте больше всего сырого протеина с 1 гектара было получено при последствии органо - минеральных систем удобрения - от 0,95 т при внесении единичных доз удобрений до 1,15 - 1,19 т при применении 4-5-кратных доз. На контроле сбор сырого протеина не превышал 0,73 т/га. Обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином в приведенных выше вариантах последствия высоких доз удобрений составила 173 - 174 г, в контрольном варианте - 134 г.

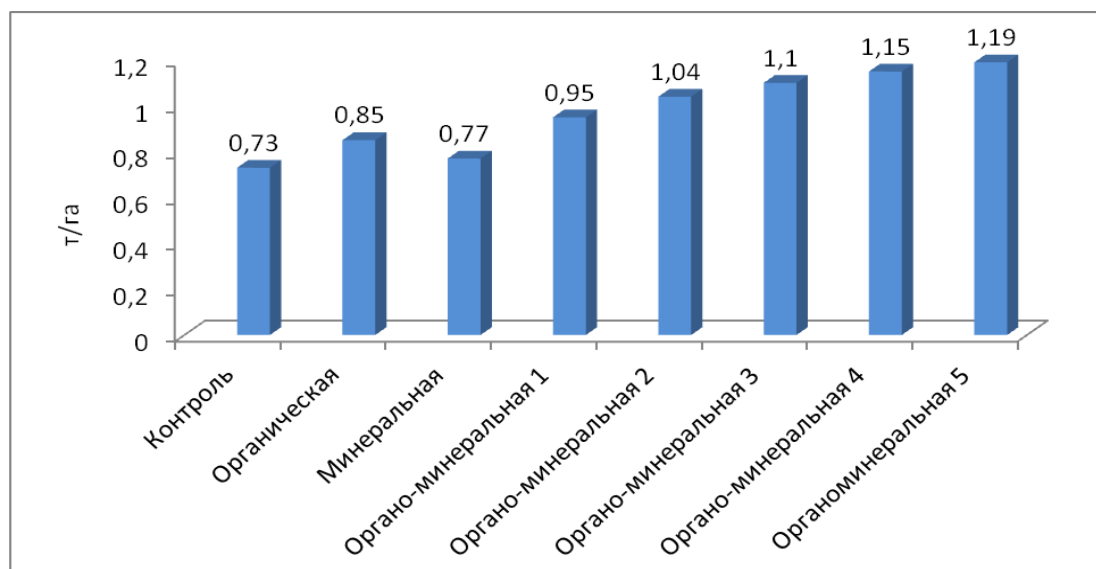


Рис. 4 – Сбор сырого протеина в зависимости от систем удобрения, в среднем за 2012-2013 гг.

Оценка экономической эффективности заключалась в определении затрат на производство продукции, чистого дохода и рентабельности (отношение чистого дохода к затратам). Анализ производственных затрат по статьям показал, что наибольший удельный вес занимали затраты на приобретение семян и топливные расходы. Затраты, связанные с приобретением удобрений незначительны, так как под бобово - злаковый травостой удобрения не вносили, а изучали последствие ранее внесённых.

Проведённый анализ данных показывает, что наибольшие экономические показатели были получены по последствию высоких норм органики и минеральных удобрений на фоне комплексного их применения. Так, условно чистый доход в этом случае составил в расчете на 1 га 58,5-60,5 тыс. руб. Тем не менее, для поддержания агроэкологического равновесия в агроценозах рекомендуется применение умеренных доз минеральных удобрений в интервале от $N_{30}P_{30}K_{30}$ до $N_{90}P_{90}K_{90}$ на фоне 3 - 9 т/га органики, где условно чистый доход составлял 51,5 - 54,1 тыс. руб. на 1 га.

Заключение

Результаты исследований в длительном полевом опыте на дерново - подзолистой почве легкосуглинистого типа установили, что последствие органо - минеральной системы удобрения в высоких 4-5-кратных дозах - $N_{120-150}P_{120-150}K_{120-150}+12-15$ т/га органики - достоверно повышало продуктивность травосмеси, которая в среднем за два года составляла соответственно 7,1 и 8,2 т/га, что было на 22 и 26% выше контроля. При последствии повышающихся доз минеральных удобрений и навоза в травостое 1-го и 2-го годов пользования увеличивалась доля клевера лугового до 96,0% и 31,5% соответственно и уменьшалась доля злакового компонента. Выход сырого протеина при последствии высоких доз удобрений в органо - минеральных вариантах составлял 1,15 - 1,19 т/га, а обеспеченность 1 кг кормовых единиц переваримым протеином находилась на уровне 170 г. При этом был получен наибольший условно чистый доход, составивший в расчете на 1 га 58,5 - 60,5 тыс. руб.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Прянишников Д.Н. Избранные сочинения. Т. 1 / Д.Н. Прянишников. – Москва: Колос, 1965. – 767 с.
2. Конова А.М. Региональная система земледелия Смоленской области / сост.: А.М. Конова, А.Ю. Гаврилова, Э.С. Рекашус и др. – Смоленск: «Агронаучсервис», 2013. – 277 с.
3. Мерзлая Г.Е. Эффективность органо – минеральных систем удобрения / Г.Е. Мерзлая, И.В. Понкратькова // Плодородие. – 2016. – № 2 (89). – С. 25–28.
4. Методическое руководство по проектированию применения удобрений в технологиях адаптивно – ландшафтного земледелия / Под ред. А.Л. Иванова, Л.М. Державина. – Москва: Минсельхоз РФ, РАСХН, 2008. – 392 с.
5. Конова А.М. Влияние длительного применения возрастающих доз минеральных удобрений на продуктивность севооборота / А.М. Конова, А.Ю. Гаврилова // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – № 11-5 (53). – С. 27-30.
6. Методология комплексного применения удобрений и пестицидов в интенсивном земледелии / Под редакцией В.Г. Сычева. – Москва: ВНИИА, 2016. – 344 с.
7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – Москва: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
8. Программа и методика исследований в Географической сети полевых опытов по комплексному применению средств химизации в земледелии / Под редакцией Н.З. Милащенко. – Москва: ВИУА, 1990. – 187 с.
9. Методические и организационные основы проведения агроэкологического мониторинга в интенсивном земледелии / Под редакцией Н.З. Милащенко, Ш.И. Литвака. – Москва: ВИУА, 1991. – 356 с.
10. Михайличенко Б.П. Методическое пособие по агроэнергетической оценке технологий и систем кормопроизводства / Б.П. Михайличенко, А.А. Кутузова, Ю.К. Новоселов и др. – Москва: ВНИИ кормов, 1995. – 174 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Pryanishnikov D.N. Izbrannye sochineniya. T. 1 [Selected works] / D.N. Pryanishnikov. – Moskva: Kolos, 1965. – 767 p. [in Russian]
2. Konova A.M. Regional'naja sistema zemledelija Smolenskoj oblasti [Regional system of agriculture in the Smolensk region] / sost.: A.M. Konova, A. Ju. Gavrilova, E.S. Rekausus i dr. – Smolensk: «Agronauchservis», 2013. – 277 p. [in Russian]
3. Merzlaja G.E. Effektivnost' organo – mineral'nyh sistem udobreniya [Efficiency of organo-mineral fertilizer systems] / G.E. Merzlaja, I.V. Ponkratenkova // Plodorodie [Fertility]. – 2016. – № 2 (89). – pp. 25–28. [in Russian]
4. Metodicheskoe rukovodstvo po proektirovaniju primeneniya udobrenij v tehnologijah adaptivno – landshaftnogo zemledelija [Methodical guidelines for the design of fertilizer application in adaptive-landscape farming technologies] / Pod redakciej A.L. Ivanova, L.M. Derzhavina. – Moskva: Minsel'hoz RF, RASHN, 2008. – 392 p. [in Russian]
5. Konova A.M. Vliyanie dlitel'nogo primeneniya vozrastayushchih doz mineral'nyh udobrenij na produktivnost' sevooborota [Effect of long-term use of increasing doses of mineral fertilizers on crop rotation productivity] / A.M. Konova, A.YU. Gavrilova // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal [International research journal]. – 2016. – № 11-5 (53). – pp. 27-30. [in Russian]
6. Metodologiya kompleksnogo primeneniya udobrenij i pesticidov v intensivnom zemledelii [Methodology of complex application of fertilizers and pesticides in intensive agriculture] / Pod redakciej V.G. Sycheva. – Moskva: VNIIA, 2016. – 344 p. [in Russian]
7. Dosphehov B.A. Metodika polevogo opyta [Methodology of field experience] / B.A. Dosphehov. – M.: Agropromizdat, 1985. – 351 p. [in Russian]
8. Programma i metodika issledovaniy v Geograficheskoy seti polevyh opytov po kompleksnomu primeneniyu sredstv himizatsii v zemledelii [Program and methods of research in the Geographical network of field experiments on the integrated use of chemicals in agriculture] / Pod redakciej N.Z. Milashchenko. – Moskva: VIUA, 1990. – 187 p. [in Russian]
9. Metodicheskie i organizacionnye osnovy provedeniya agroekologicheskogo monitoringa v intensivnom zemledelii [Methodical and organizational bases of carrying out agroecological monitoring in intensive agriculture] / Pod redakciej N.Z. Milashchenko, SH.I. Litvaka. – Moskva: VIUA, 1991. – 356 p. [in Russian]
11. Mihajlichenko B.P. Metodicheskoe posobie po agroenergeticheskoy ocenke tekhnologij i sistem kormoproizvodstva [Methodical manual on agro-energy assessment of technologies and systems of forage production] / B.P. Mihajlichenko, A.A. Kutuzova, YU.K. Novoselov i dr. – Moskva: VNII kormov, 1995. – 174 p. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.76.10.013>**НЕКОТОРЫЕ ПОДХОДЫ К СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ ПОЛИМОРФНЫХ ИММУНОГЕНЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГРУПП КРОВИ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА**

Научная статья

Герасимова В.Е.¹, Герасимова Л.А.^{2,*}, Еремина И.Ю.³² ORCID: 0000-0001-8037-6080,^{1,2} Сибирский университет науки и технологий, Красноярск, Россия;³ Красноярский аграрный университет, Красноярск, Россия

* Корреспондирующий автор (lyu-gerasimova[at]yandex.ru)

Аннотация

В работе рассмотрены статистические методы сопоставления антигенных показателей одной популяции крупного рогатого скота в разные периоды времени. Оценивались информативность и точность определения разницы совокупности поливариантных параметров разными методами статистической обработки. Установлено, что в то время как коэффициент корреляции не показывал достоверных отличий, двухвыборочный t-критерий Стьюдента для парных выборок уловил отличия между совокупностями. Особенно чувствителен метод расчета критерия Стьюдента для сравнения изменений по отдельным сортировкам антигенов групп крови. Таким образом, данный метод позволяет статистически подтвердить и выявить изменения генетической структуры популяции.

Ключевые слова: иммуногенетические характеристики, группы крови крупного рогатого скота, антиген-частотные показатели, достоверность отличий, коэффициент корреляции, двухвыборочный t-критерий Стьюдента.

SOME APPROACHES TO STATISTICAL TREATMENT OF POLYMORPHIC IMMUNOGENETIC CHARACTERISTICS OF BLOOD GROUPS OF CATTLE

Research article

Gerasimova V.E.¹, Gerasimova L.A.^{2,*}, Eremina I.Yu.³² ORCID: 0000-0001-8037-6080,^{1,2} Siberian State Aerospace University, Krasnoyarsk, Russia;³ Krasnoyarsk Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia

* Correspondent author (lyu-gerasimova[at]yandex.ru)

Abstract

The paper discusses statistical methods for comparing antigenic indicators of a single cattle population in different periods of time. The information content and accuracy of determining the difference of the set of polyvariant parameters were evaluated by different statistical processing methods. It was established that while the correlation coefficient did not show significant differences, the two-sample Student's t-test for paired samples caught differences between the aggregates. The method of calculating student's criterion for comparing changes in the individual screening of blood group antigens is especially sensitive. Therefore, this method allows statistically confirming and identifying changes in the genetic structure of a population.

Keywords: immunogenetic characteristics, blood groups of cattle, antigen-frequency parameters, authenticity of differences, correlation coefficient, two-sample Student's t-test.

Особенности иммуногенетических характеристик групп крови крупного рогатого скота заключаются в их высокой вариабельности, разнородности и корреляцией с хозяйственно-полезными признаками. С одной стороны, это качественные показатели – анализируются 65 антигенов групп крови, которые могут присутствовать у каждого животного практически в любых комбинациях. С другой стороны каждый антиген в исследуемой группе животных наблюдается с определенной, характерной для него частотой, что является количественной характеристикой. Частоты встречаемости антигенов групп крови могут быть весьма специфическим и показательным средством описания выборки – изучаемой группы животных. В качестве выборки обычно принимают популяцию животных, а для крупного рогатого скота – поголовье конкретного хозяйства, что также можно отнести к категории популяций. Таким образом, антиген-частотные показатели помогают оценить популяционные процессы происходящие под давлением естественного и искусственного отбора в процессе селекции. Они могут быть использованы как для характеристики внутривидовых (внутригрупповых) процессов, так и для описания межвидовых (больших групп, пород) отличий [1], [2], [3], [4].

Цель работы – оценить популяционные процессы, происходящие под воздействием селекционного давления на основе анализа иммуногенетических характеристик групп крови крупного рогатого скота. В ходе выполнения исследования решались задачи: 1) обоснование выбора статистического метода для выявления микрорасовых процессов на основе антиген-частотных характеристик крупного рогатого скота; 2) расчет статистических показателей на примере конкретных стад; 3) биологическая интерпретация полученных статистических показателей относительно происходящих популяционных процессов на примере реальных данных.

Проводились сравнения данных по популяции за 3 периода – базовое стадо (исходные данные) и уже измененное в ходе селекции стадо с интервалом рождения животных через 5 лет и 3 года, которые условно обозначили как период 1, 2 и 3. Следовательно, временной интервал между данными по популяции за период 1 и 3 составляет 8-10 лет. Исходя из специфики ведения селекционной работы предполагаем, что популяция периода 1 будет иметь некоторые, возможно не очень значительные отличия, по сравнению с периодом 2 и существенные изменения по отношению к

периоду 3. При этом характеристики популяции периодов 2 и 3 будут весьма близки. Численность анализируемого поголовья составляла 214, 435 и 170 голов по периодам 1, 2 и 3 соответственно.

Для сравнения изменений состояния популяции в целом, по всему комплексу антигенов, как правило, используется коэффициент корреляции [5], [6], [7], [8]. Коэффициент корреляции между состояниями популяции всех трех периодов близок к 1, что свидетельствует о наличии высокой степени прямой взаимосвязи между рядами частот в разные периоды времени, то есть по частоте антигена одного года можно спрогнозировать значения частоты данного антигена в другой изучаемый период. Причем, ожидаемо, связь между частотами периодов 2 и 3 более тесная, чем связь между данными этих же периодов с частотами за период 1. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Значения коэффициента корреляции между разными периодами

Исследуемые периоды	2	3
1	0,847176	0,823361
2		0,904633

Таким образом, коэффициент корреляции не выявил значительных различий по антиген-частотным характеристикам стада в интервале почти 10 лет, хотя наблюдается тенденция по снижению уровня корреляции с увеличением временного разрыва между популяцией изучаемых периодов.

Логично предположить, что с учетом постоянно проводимого селекционного процесса, в ходе которого в популяцию вводятся новые генотипы, изменения в составе антигенов должны быть. И действительно значения частот антигенов существенно изменяются. Тем не менее, базовый генофонд популяции также сохраняет свое влияние. Следовательно, возникает необходимость выявить и оценить скорость и масштаб этих изменений. При этом, учитывая общность базового генофонда, выборки в разные временные периоды рассматриваются как зависимые совокупности.

Для того, чтобы установить наличие или отсутствие различий между частотами антигенов в одной популяции в разных периодах необходимо проверить однородность данных характеристик, то есть установить из одной генеральной совокупности или из разных взяты два ряда частот антигенов. Поскольку исследования проводятся по антигенам в одной популяции животных, то выборки частот зависимы. Каждому антигену соответствует частота встречаемости в популяции в каждом из исследуемых периодов, что обуславливает парность рядов данных. В этом случае целесообразно использовать двухвыборочный t-критерий Стьюдента для зависимых (парных) выборок [5], [7], [8], [9], [10], который позволяет идентифицировать однородны ли два ряда антигенов или различны.

Для расчета эмпирического значения t-критерия вычисляется разница между частотами каждого антигена в ряду

$$\bar{Z} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^{i=k} z_i, \quad z_i = p1_i - p2_i,$$

где z_i – разница частот i -ого антигена в разные периоды, $p1_i$ – частота i -ого антигена в период 1, $p2_i$ – частота i -ого антигена в период 2, k – количество антигенов в частотном ряду.

Далее вычисляется среднее и разница между частотами антигенов

$$\bar{Z} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^{i=k} z_i \quad \text{и} \quad s_z = \sqrt{\frac{1}{k-1} \sum_{i=1}^{i=k} (z_i - \bar{Z})^2}$$

где \bar{Z} – среднее значение разности частот антигенов, k – количество антигенов в частотном ряду, s_z – стандартное отклонение разностей.

Аналогично рассчитывается \bar{Z} для периодов 2-3 и 1-3.

Рассматривается нулевая гипотеза об отсутствии различий (об однородности) в двух рядах частот, то есть о равенстве нулю среднего значения разности частот $H_0: \bar{Z} = 0$; и альтернативная гипотеза о различии в двух рядах частот, то есть о неравенстве нулю среднего значения разности частот $H_0: \bar{Z} \neq 0$.

Эмпирическое значение двухвыборочного t-критерия Стьюдента для зависимых (парных) выборок:

$$t = \frac{\bar{Z}}{s_z / \sqrt{k}}$$

Эта статистика имеет распределение $t(k-1)$. Вычисленное значение t сравнивается с табличным t_{kp} при $(k-1)$ числе степеней свободы и заданном уровне значимости.

Если модуль расчетного значения критерия меньше табличного $|t| < t_{kp}$, то нулевая гипотеза принимается и делается вывод о том, что два ряда частот антигенов однородны. Если модуль расчетного значения критерия больше табличного $|t| > t_{kp}$, то нулевая гипотеза отвергается и принимается альтернативная гипотеза о различии в двух рядах частот, делается вывод о том, что два ряда частот антигенов различны.

В данной работе устанавливалось наличие или отсутствие различий между частотами всех рассматриваемых антигенов в различных периодах.

Таблица 2 – Использование t-критерия Стьюдента для сравнения популяций по всей совокупности антигенов

Исследуемые периоды	2	3
1	отличия есть	отличия есть
2		отличий нет

Из таблицы 2 видно, что по всей совокупности антигенов групп крови двухвыборочный t-критерий Стьюдента выявил отличия между иммуногенетическими характеристиками популяции между периодами 1-2 и 1-3, что соответствует первоначальному предположению.

Кроме того, в исследовании необходимо было установить наличие или отсутствие различий между частотами антигенов в классах (по генетическим системам групп крови). У крупного рогатого скота существует несколько поливариантных систем групп крови. В исследуемой популяции выделены 5 таких систем по 2, 6, 7, 10 и 34 антигена. Все исследуемые антигены разбивали на классы в соответствии с системами групп крови и далее для каждого класса антигенов рассматривали вопрос об однородности (или различии) между рядами частот антигенов в разных периодах, то есть сравнивали ряды антигенов одной системы группы крови, полученные в популяции, находящейся в разных временных периодах. По системам, представленным не более 10 антигенами, статистически достоверных отличий не выявлено. Достоверные отличия были определены только по самой многофакторной системе, включающей 34 антигена (ЕАВ-система), причем с уровнями достоверности 95 и 99% (табл.3).

Таблица 3 – Выявление внутрипопуляционных изменений на основании антигенных отличий по ЕАВ -системе групп крови

Показатели	Значения t-критерия	Наличие отличий
Порог достоверности 95%	2,03	
Порог достоверности 99%	2,73	
Между периодами 1-2	2,62	Есть, достоверность 95%
Между периодами 1-3	3,49	Есть, достоверность 95%, 99%
Между периодами 2-3	2,61	Есть, достоверность 95%

В таблице 3 показаны ярко выраженные межпопуляционные отличия по ЕАВ-системе между периодами 1 и 3. Наглядно видны изменения генетической структуры между наиболее отдаленными по времени состояниями популяции. Популяции, близкие во временных рамках, проявили отличия лишь с порогом достоверности 95%. Таким образом, мы можем отметить начальные этапы генетической дивергенции, которая со временем только усиливается, что объясняется действием направленного отбора. Очевидно, антигены полифакторной ЕАВ-системы групп крови подвергаются наибольшему давлению отбора в ходе селекционного процесса, то есть, вероятно, более активно коррелируют с хозяйственно-полезными признаками.

Кроме того, в исследовании устанавливалось наличие или отсутствие различий между частотами внутри сортированных групп антигенов. В каждой из трех совокупностей антигены ранжируются по значениям частот встречаемости. Все исследуемые антигены разбивали на классы: редко встречающиеся и элиминирующиеся, часто встречающиеся и средние с порогами встречаемости 0-15%, свыше 50% и 16-50% соответственно.

В связи с тем, что в каждом из исследуемых периодов разделение антигенов на данные группы различно, рассмотрим сравнение частот групп антигенов отдельно для каждого периода. То есть, сначала для каждого из исследуемых периодов делается разбиение всех антигенов на группы и оно считается базовым. Далее при базовом разделении антигенов на группы рассматривается вопрос об однородности или различии рядов частот каждой группы антигенов с соответствующими рядами частот этих же антигенов в другом (не являющимся базовым) периоде. Следует отметить, что в частотные классы в разные периоды попадает разное число антигенов и они отличаются по своему качественному составу.

При анализе, когда за базовый приняли период 1 и попарно сравнивали частотные классы с аналогичными показателями периодов 2 и 3, получили достоверно статистически подтвержденные отличия с обеими периодами в группе редко встречающихся антигенов, что тоже показательно. Редковстречающиеся и элиминирующиеся антигены представляют собой группу вымываемых отбором, т.е. не поддерживаемую селекцией и экологическими факторами часть генофонда.

При базовом периоде 2, логично не выявлено отличий с частотными классами периодов 1 и 3.

Сравнение периода 3 с данными периодов 1 и 2 достоверные отличия отмечены по классу средне встречающихся антигенов только с периодом 1.

Во всех остальных случаях отличий не определено.

Заключение

Двухвыборочный t-критерий Стьюдента максимально информативен для оценки изменений генетической структуры популяции на начальных этапах их развития.

Коэффициент корреляции не улавливает начальные уровни дивергенции популяционных признаков.

Популяционные процессы наиболее отчетливо проявляются по антиген-частотным характеристикам ЕАВ-системы групп крови.

Классы антигенов по частотам встречаемости проявляют характерные отличительные признаки только между отдаленными периодами.

Класс редко встречающихся антигенов можно рассматривать, как показательный для выявления кумуляции отличий.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Букаров Н. Генетический мониторинг в молочном скотоводстве с использованием маркерных групп крови / Букаров Н., Силкин С. // Молочное и мясное скотоводство. – 2011. – №. 7. – С. 14-16.

2. Тихонов В. Н. Мониторинг микроэволюции и пороодообразования свиней на основе молекулярно-иммуногенетического анализа / Тихонов В. Н., Бобович В. Е. // Сельскохозяйственная биология. – 2004. – №. 2. – С. 10-27.
3. Еремина И. Ю. Ретроспективный анализ филогенеза при формировании маточной субпопуляции голштинизированного молочного скота Красноярского края / Еремина И. Ю., Герасимова Л. А., Луценко А. Е. // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2016. – №. 2 (22)
4. Никитин С. В. Динамика гетерозиготности и ее связь с приспособленностью в популяции домашних свиней // Генетика. – 2009. – Т. 45. – №. 10. – С. 1401-1410.
5. Айвазян С. А. Теория вероятностей и прикладная статистика. Т. 1. / Прикладная статистика. Основы эконометрики: Учебник для вузов: В 2 т. 2-е изд., испр. / С. А. Айвазян, В. С. Мхитарян. - Москва: Юнити-Дана, 2001, 656 с.
6. Венцель Е.С. Теория вероятностей: Учеб. пособие для студентов вузов. / Е.С. Венцель, Л.А. Овчаров. - М.: -1969
7. Гмурман В.Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике: Учеб. пособие для студентов вузов / В.Е. Гмурман. – М.: Высш. школа, 1979. 400 с.
8. Кремер Н.Ш. Теория вероятностей и математическая статистика: Учеб. пособие для студентов вузов. / Н.Ш. Кремер. - М.: -2004
9. Рубан А.И., Методы анализа данных / А.И. Рубан. – Красноярск 1993.
10. Хижняк С.В. Математические методы в биологии и экологии: часть 3. Учебно-методическое пособие. / С.В. Хижняк. – Красноярск, 2005.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Bukarov N. Geneticheskii monitoring v molochnom skotovodstve s ispolzovaniem markernykh grupp krovi [Genetic Monitoring in Dairy Cattle Breeding using Marker Blood Groups] / Bukarov N., Silkin S. // Molochnoye i myasnoye skotovodstvo [Dairy and Beef Cattle]. – 2011. – No. 7. – P. 14-16. [in Russian]
2. Tikhonov V. N. Monitoring mikroevolyutsii i porodoobrazovaniya svinei na osnove molekulyarno-immunogeneticheskogo analiza [Monitoring of Microevolution and Pig Breeding on the Basis of Molecular Immunogenetic Analysis] / Tikhonov V. N., Bobovich V. E. // Sel'skokhozyaystvennaya biologiya [Agricultural Biology]. – 2004. – No. 2. – P. 10-27. [in Russian]
3. Eremina I. Yu. Retrospektivnyi analiz filogeneza pri formirovani matochnoi subpopulyatsii golshtinizirovannogo molochnogo skota Krasnoyarskogo kraia [Retrospective Analysis of Phylogenesis in the Formation of Uterine Subpopulations of Holsteinized Dairy Cattle of the Krasnoyarsk Territory] / Eremina I. Yu., Gerasimova L. A., Lushchenko A. E. // Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Bulletin of Omsk State Agrarian University]. – 2016. – No. 2 (22) [in Russian]
4. Nikitin S. V. Dinamika geterozigotnosti i ee svyaz s prispособlennostyu v populyatsii domashnikh svinei [Dynamics of Heterozygosity and its Connection with Fitness in the Population of Domestic Pigs] // Genetika [Genetics]. – 2009. – V. 45. – No. 10. – P. 1401-1410. [in Russian]
5. Ayvazyan S. A. Teoriya veroyatnostei i prikladnaya statistika. T. 1. [Probability Theory and Applied Statistics. V. 1] / Applied Statistics. Fundamentals of Econometrics: Textbook for universities: In 2 volumes. 2nd ed., Rev./S. A. Ayvazyan, V.S. Mkhitaryan. - Moscow: Unity-Dan, 2001, 656 p. [in Russian]
6. Ventsel E.S. Teoriya veroyatnostei: Ucheb. posobie dlia studentov vuzov. [Theory of Probability: Study Guide for University Students] / E.S. Ventsel, L.A. Ovcharov. – M.: – 1969 [in Russian]
7. Gmurman V.E. Rukovodstvo k resheniyu zadach po teorii veroyatnostei i matematicheskoi statistike: Ucheb. posobie dlia studentov vuzov. [Guide to Solving Problems in Probability Theory and Mathematical Statistics: Study Guide for University Students] / V.E. Gmurman. – M.: Vysshaya Shkola, 1979. 400 p. [in Russian]
8. Kremer N.Sh. Teoriya veroyatnostei i matematicheskaya statistika: Ucheb. posobie dlia studentov vuzov. [Probability Theory and Mathematical Statistics: Study Guide for University Students] / N.Sh. Kremer. – M.: – 2004 [in Russian]
9. Ruban A.I. Metody analiza dannykh [Data Analysis Methods] / A.I. Ruban – Krasnoyarsk 1993. [in Russian]
10. Khizhnyak S.V., Matematicheskie metody v biologii i ekologii: chast 3. Uchebno-metodicheskoe posobie. [Mathematical Methods in Biology and Ecology: Part 3. Teaching aid] / S.V. Khizhnyak. – Krasnoyarsk. 2005. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.76.10.014>

БИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КОРИЧНЕВО-МРАМОРНОГО КЛОПА И МЕРЫ БОРЬБЫ С НИМ

Научная статья

Игнатьева Т.Н.¹, Кашутинна Е.В.^{2,*}, Слободянюк Г.А.³, Бугаева Л.Н.⁴

¹ ORCID 0000-0002-0595-2882;

² ORCID 0000-0002-6179-2019;

³ ORCID 0000-0001-8113-3339;

⁴ ORCID 0000-0002-2159-9652,

^{1, 2, 3, 4} Лазаревская опытная станция защиты растений, Сочи, Россия

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

Аннотация

В статье представлены результаты исследований ареала обитания, динамики численности, вредоносности, биоэкологических особенностей опасного карантинного вредителя, включенного в Единый перечень карантинных объектов Евразийского экономического союза - коричнево мраморного клопа, на прибрежной и сельских территориях Лазаревского района г. Сочи. Результаты испытания эффективности современных инсектицидов производства «Щелково Агрохим» Имидор ВРК 200 г/л; Карачар КЭ 50 г/л; Кинфос КЭ 300 г/л; Тагор КЭ 400 г/л; Эсперо КС 200 г/л + 120 г/л; Твинго КС 180 г/л + 40 г/л, и препаратов производства фирмы «Август» Биотлин ВРК 200 г/л и Сэмпай КЭ 50 г/л в отношении этого опасного карантинного вредителя.

Ключевые слова: карантинный вредитель, коричнево мраморный клоп, ареал обитания, динамика численности, вредоносность, биоэкологические особенности, инсектициды, эффективность.

BIOECOLOGICAL FEATURES OF BROWN MARMORATED STINK BUG AND MEASURES TO FIGHT THEM

Research article

Ignatyeva T.N.¹, Kashutina E.V.^{2,*}, Slobodyanyuk G.A.³, Bugaeva L.N.⁴

¹ ORCID 0000-0002-0595-2882;

² ORCID 0000-0002-6179-2019;

³ ORCID 0000-0001-8113-3339;

⁴ ORCID 0000-0002-2159-9652,

Lazarevskaya Experimental Plant Protection Station, Sochi, Russia

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

Abstract

The article presents the results of the habitat studies, as well as the study of the abundance dynamics, severity, bio-ecological features of the dangerous quarantine pest included in the Single List of quarantine objects of the Eurasian Economic Union – brown marmorated stink bug in the coastal and rural areas of the Lazarevsky district of Sochi. It also contains the results of testing the efficiency of modern insecticides produced by Shchelkovo Agrokhim Imidor VRK 200 g/l; Karachar KE 50 g/l; Kinfos CE 300 g/l; Tagore FE 400 g/l; Espero KS 200 g/l + 120 g/l; Twingo KC 180 g/L + 40 g/l and the preparations produced by the August Biotlin VRK 200 g/l and Sempai KE 50 g/l for this dangerous quarantine pest.

Keywords: quarantine pest, brown marmorated stink bug, habitat, population dynamics, harmfulness, bio-ecological features, insecticides, efficiency.

Интенсивное развитие городов-курортов несет угрозу не только инвазии, но и интродукции в агробиоценозы чужеродных опасных вредителей, не имеющих в новом ценозе естественных врагов. Появление новых, вредоносных видов, в том числе карантинных, вынуждает проводить истребительные мероприятия, включая обработки химическими препаратами, что крайне нежелательно для курортной зоны. Альтернативой могут стать биологизированные интегрированные системы защиты растений, основанные на использовании энтомофагов и микробиопрепаратов. Разработка интегрированных систем предполагает постоянный мониторинг ареала, численности, вредоносности, биоэкологических особенностей, выявление естественных врагов.

В 2013 году на территории города Сочи был выявлен новый вредоносный объект - мраморный клоп (*Halyomorpha halys* Stål.), он же brown marmorated stink bug, относящийся к семейству клопов-щитников Pentatomidae отряда Полужесткокрылые, или Hemiptera. [1, С. 851], [2, С 655,]. Этот опасный многоядный вид в 2016 году включен в Единый перечень карантинных объектов Евразийского экономического союза.

Потенциальный ареал обитания и зоны вредоносности коричнево-мраморного клопа в Российской Федерации охватывают весь Юг, начиная от Курской, Саратовской областей. На Черноморское побережье, клопа, в состоянии диапаузы, вероятнее всего, завезли в упаковках различных грузов.

Со второй половины 2015 г. отмечается резкое нарастание численности этого вида во влажных субтропиках России и на территории Абхазии, что привело в 2016 г. к значительным потерям урожая плодовых, орехоплодных и субтропических культур. [3]

Имеющаяся практика пока не позволяет рекомендовать какую-либо методику мониторинга численности коричнево-мраморного клопа. [4, С. 4].

В новых для клопа условиях обитания круг повреждаемых культур оказался довольно широким – яблоня, груша, мушмула (рис. 1), лавровишня, все виды цитрусовых, персик, хурма, инжир, фундук, виноград.



Рис. 1 – Повреждение коричнево-мраморным клопом мушмулы японской (*Eriobotrya japonica*)

Из овощных культур предпочтение отдавалось томату, фасоли, огурцу, перцу. Из декоративных – катальпе, павловнии, розе, смолосеяннику, бругманзии.

Его многоядность, высокая плодовитость, экологическая пластичность, миграционная особенность свидетельствуют о том, что клоп может стать опасным вредителем сельскохозяйственных культур в Европе, в том числе на юге Российской Федерации [5, С. 12].

Мраморный клоп – теплолюбивое насекомое, которое развивается в пределах температур от 15 до 33 °С. [6, С. 41] В случае его адаптации прогнозировалась вредоносность от слабой до умеренной. [7, С. 48]

Родиной мраморного клопа являются страны Юго-Восточной Азии, включая Китай, Японию, страны Корейского полуострова, Тайвань и Вьетнам.

Свое название получил за оригинальную окраску. Цвет насекомого коричневый, но спинка и голова имеют необычные «вкрапления», что визуально создает мраморный оттенок.

Самка клопа откладывает белые шаровидные яйца на нижней стороне листьев различных растений [8, С. 5], размером от 1,3 до 1,6 мм, которые обычно прикрепляет к нижней стороне листа кучками по 20-30 штук. Зимует клоп в нежилых, неотапливаемых помещениях, складах древесины, пнях, под отслаивающейся корой.

Вред, причиняемый мраморным клопом в регионе влажных субтропиков, особенно заметен на плодовых и овощных культурах [9, С. 24].

В условиях Черноморского побережья клоп может давать три поколения в год [3]. На остальной территории Краснодарского края, а также в республике Крым, Ставропольском крае и Ростовской области клоп *H. halys* потенциально может перезимовывать и развиваться в 1-2 поколениях за сезон. [10, С. 25]

Начиная с конца апреля, взрослые насекомые выходят из мест зимовки и начинают поиск растений-хозяев для дополнительного питания, которое продолжается в течение 1-2 недель.

На яблоне и груше образуется некроз, опробковение, вкус плодов ухудшается, поверхность становится бугристой. На citrusовых и хурме приводит к недоразвитости и преждевременному опадению плодов; на винограде – ягоды не развиваются и опадают; на перце и томатах – в местах прокола развивается гниль плодов. Огромный вред клоп наносит плантациям фундука - повреждает орехи в стадии молочно-восковой спелости, приводя к прекращению развития ядра.

В 2017 году, в прибрежной зоне Лазаревского района г. Сочи на протяжении вегетационного периода клопы встречались в количестве - 1-2 особи на куст томата, фасоли, при встречаемости 20%; 1-3 особи на куст мандарина, встречаемость 30%. Однако, в период миграции на зимовку, в первой декаде октября, в местах сбора насчитывалось до 45-50 особей на кв.м. Такое количество ушедших на зимовку клопов позволило предположить увеличение численности и, как следствие, усиление его вредоносности в 2018 году.

Обследования приморского и предгорного (горного) кластеров Лазаревского района зимой 2018 года, выявило крайне неравномерное распределение численности зимующего вредителя.

На территории поселка Лазаревское и санаторно-курортных учреждений прибрежной зоны изредка встречались единичные особи. На некотором удалении от прибрежной полосы в местах зимовки на квадратный метр насчитывалось 10-15 особей. В сельской местности, по долинам рек, в местах зимовки собирались сотни особей (до

300 в одной точке). Такое распределение численности вредителя связано, вероятно, не только с влиянием климата, но и с наличием в сельской местности плантаций плодовых и орехоплодных культур.

Несмотря на то, что ранее проведенные на Лазаревской станции исследования показали, что наибольшее значение для ограничения численности растительноядных клопов из энтомофагов имеют паразитические насекомые-яйцееды из семейства Scelionidae (теленомусы), на настоящий момент не выявлено наличие специфических природных врагов карантинного вредителя.

Основными методами борьбы являются механический сбор в местах зимовки и обработки инсектицидами и биопрепаратами в период вегетации кормовых культур.

Для зоны влажных субтропиков перспективным в борьбе с вредителем является применение биопрепаратов на основе *Beauveria bassiana* (Биостоп,Ж) и *Metarhizium anisopliae* (Метаризин,Ж), и Битоксибациллин П БА– 1500 Еа/мг титр не менее 20 млрд/спор.

В целях расширения ассортимента препаратов для борьбы с карантинным вредителем были проведены лабораторные испытания эффективности инсектицидов производства «Щелково Агрохим» Имидор ВРК 200 г/л; Карачар КЭ 50 г/л; Кинфос КЭ 300 г/л; Тагор КЭ 400 г/л; Эсперо КС 200 г/л + 120 г/л; Твинго КС 180 г/л + 40 г/л, в концентрациях, рекомендованных производителем и препаратов производства фирмы «Август» в производственных концентрациях Биотлин ВРК 200 г/л 0,03% и Сэмпай КЭ 50 г/л в концентрации 0,03%, в отношении клопа (табл. 1).

Высокую токсичность проявил Биотлин ВРК 200 г/л. В первые сутки после закладки опыта смертность насекомых составила от 73,3 до 80%. Сэмпай КЭ г/л в концентрации 0,03% проявил среднюю токсичность, вызвав смертность испытанных насекомых от 46,6 до 60%, при отсутствии смертности в контроле.

Таблица 1 – Эффективность инсектицидов в отношении коричнево-мраморного клопа *Halyomorpha halys* Stål

№ п/п	Наименование препарата	Концентр. препарата, %	Всего особей	Живых особей	Погибших особей	Гибель, %
1.	Имидор ВРК (200 г/л)	0,0028	40	3	37	92,5
2.	Кинфос КЭ (300+40 г/л)	0,01	40	9	31	77,5
3.	Карачар КЭ (50 г/л)	0,008	40	8	32	80,0
4.	Тагор КЭ (400 г/л)	0,06	40	3	37	92,5
5.	Эсперо КС (200+120 г/л)	0,004	40	4	36	90,0
6.	Твинго КС (180+45 г/л)	0,048	40	13	7	77,5
7.	Биотлин ВРК (200 г/л)	0,005	40	11	29	72,5
8.	Сэмпай КЭ 50 г/л	0,03	40	19	21	52,5
9.	Контроль		40	38	2	5,0

Отмечалось контактное действие препаратов, так как, гибель клопа происходила, преимущественно, в первые сутки после обработки.

Наибольшую токсичность проявили препараты Имидор в концентрации 0,0028%, Тагор в концентрации 0,06%, Эсперо в концентрации 0,004%, вызвав смертность насекомых 90 – 92,5%. Менее токсичными оказались Карачар в концентрации 0,008%, Кинфос в концентрации 0,01%. Смертность насекомых в этих вариантах составила соответственно 77,5; 80%. Пролонгированное действие проявил препарат Твинго в концентрации 0,048%. В первые сутки гибель насекомых составила 70%, а через трое суток 85%.

В результате проведенных исследований установлено, что все испытанные препараты производства «Щелково Агрохим» и Биотлин ВРК 200 г/л проявили высокую токсичность в отношении *Halyomorpha halys* Stål.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

- Гапон Д.А. Первые находки восточноазиатского мраморного клопа *Halyomorpha halys* (Stål, 1855) (Heteroptera, Pentatomidae) в России, Абхазии и Грузии. / Д.А. Гапон // Энтомологическое обозрение. – 2016. - №95 - Вып.4. - С.851-854.
- Кержнер И.М. Отряд Hemiptera (Heteroptera) полужестко-крылые / И.М. Кержнер, Т.Л. Ячевский // Определитель насекомых европейской части СССР. Т. 1. М.; Л.: Наука, 1964. С. 655–845.
- Карпун Н.Н. Мраморный клоп (*Halyomorpha halys* Stål) появился во влажных субтропиках России и Абхазии. ВНИИЦСК / Карпун Н.Н., Проценко В.Е. // [Электронный ресурс] URL: <http://www.vniisubtrop.ru/novosti/769-mramornyj-klop-halyomorpha-halys-st-l-poyavilsya-vo-vlazhnykh-subtropikakh-rossii-i-abkhazii.html> (дата обращения: 03.08.2018).
- Карпун Н.Н. Методы мониторинга и идентификации коричнево-мраморного клопа *Halyomorpha halys* Stål 1855 / Карпун Н.Н., К.А. Гребенников, В.Е. Проценко и др. // Карантин растений наука и практика. Русско-английский журнал. - Вып. 2/24. - 2018. - С. 2-6.
- Нейморовец В.В. Восточноазиатский мраморный клоп *Halyomorpha halys* (Heteroptera: Pentatomidae): морфология, биология, расширение ареала и угрозы для сельского хозяйства Российской Федерации (аналитический обзор) / В.В. Нейморовец // Вестник защиты растений - Вып. 1(95) – 2018, - С.11–16.

6. Жимерикин В.Н. Мраморный клоп / В.Н. Жимерикин, В.В. Гулий // Защита и карантин растений. - 2016. - № 4. - С. 40–43.
7. Митюшев И.М. Первый случай обнаружения мраморного клопа в России / И.М. Митюшев // Защита и карантин растений. - 2016. - № 3. - С. 48.
8. Сапожников А.Я. Коричнево-мраморный клоп *Halyomorpha halys* Stål. В России: распространение, биология, идентификация, меры борьбы / Сапожников А.Я., Чекмарев П.А., Малько А.М. и др. / М. - 2018. - 28 с.
9. Карпун Н.Н. Коричнево-мраморный клоп *Halyomorpha halys* Stål на юге России: насколько велика опасность? / Карпун Н.Н., Гребенников К.А., Проценко В.Е. и др. // Защита и карантин растений. - 2018. - № 3. С. 23-25
10. Митюшев И.М. Мраморный клоп *Halyomorpha halys* / И.М. Митюшев // Материалы международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 100-летию И.С. Шатилова, г. Москва, 6-7 июня 2017 г.: Сборник статей. / М. - 2017. - С. 24-26.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Gapon D.A. Pervye nakhodki vostochnoaziatskogo mramornogo klopa *Halyomorpha halys* (Stål.1855) (Heteroptera, Pentatomidae) v Rossii, Abkhazii i Gruzii. [First Finds of the East Asian Brown Marmorated Stink Bug *Halyomorpha halys* (Stål.1855) (Heteroptera, Pentatomidae) in Russia, Abkhazia and Georgia] / D.A. Gapon // Entomologicheskoye obozreniye [Entomological Review]. – 2016. – No. 95 – Issue 4. – P.851-854. [in Russian]
2. Kerzhner I.M. Otryad Hemiptera (Heteroptera) poluzhestko-krylye [Order Hemiptera (Heteroptera) Bugs] / I.M. Kerzhner, T.L. Yachevsky // Determinant of Insects in the European Part of the USSR. V. 1. M.; L.: Nauka, 1964. P. 655-845. [in Russian]
3. Karpun N.N. Mramornyi kloп (*Halyomorpha halys* Stål) poyavilsya vo vlazhnykh subtropikakh Rossii i Abkhazii. [Marmorated Bug (*Halyomorpha halys* Stål) appeared in Humid Subtropics of Russia and Abkhazia] All-Russian Scientific Research Institute of Floriculture and Subtropical Crops / Karpun N.N., Protsenko V.E. // [Electronic resource] URL: <http://www.vniisubtrop.ru/novosti/769-mramornyj-klop-halyomorpha-halys-st-l-poyavilsya-vo-vlazhnykh-subtropikakh-rossii-i-abkhazii.html> (accessed: 03.08.2018). [in Russian]
4. Karpun N.N. Metody monitoringa i identifikatsii korichnego-mramornogo klopa *Halyomorpha halys* Stal 1855. [Methods for Monitoring and Identification of the Brown Marmorated Stink Bug *Halyomorpha halys* Stal 1855] / Karpun N.N., K.A. Grebennikov, V.E. Protsenko and others // Karantin rasteniy nauka i praktika. Russko-angliyskiy zhurnal [Quarantine of Plants Science and Practice. Russian-English Magazine]. – Issue 2/24. – 2018. – P. 2-6. [in Russian]
5. Neimorovets V.V. Vostochnoaziatskii mramornyi kloп *Halyomorpha halys* (Heteroptera: Pentatomidae): morfologiya, biologiya, rasshirenie areala i ugrozy dlia selskogo khozyaystva Rossiiskoi Federatsii (analiticheskii obzor) [East Asian Marmorated Bug *Halyomorpha halys* (Heteroptera: Pentatomidae): Morphology, Biology, Extension of Range and Threats to Agriculture of the Russian Federation (analytical review)]/ V.V. Neimorovets // Vestnik zashchity rasteniy [Bulletin of Plant Protection] – Issue. 1 (95) – 2018, - P.11-16. [in Russian]
6. Zhimerikin V.N. Mramornyi kloп [Marmorated Bug] / V.N. Zhimerikin, V.V. Gulii // Zashchita i karantin rasteniy [Protection and Quarantine of Plants]. – 2016. – No. 4. – P. 40-43. [in Russian]
7. Mityushev I.M. Pervyi sluchai obnaruzheniya mramornogo klopa v Rossii [First Case of Marmorated Bug in Russia] / I.M. Mityushev // Zashchita i karantin rasteniy [Protection and Quarantine of Plants]. – 2016. – No. 3. – P. 48. [in Russian]
8. Sapozhnikov A.Ya. Korichnevo-mramornyi kloп *Halyomorpha halys* Stål. V Rossii: rasprostraneniye, biologiya, identifikatsiya, mery borby [Brown Marmorated Stink Bug *Halyomorpha halys* Stål. In Russia: Distribution, Biology, Identification, Control Measures] / Sapozhnikov A.Ya., Chekmarev P.A., Malko A.M. and others / M. – 2018. – 28 p. [in Russian]
9. Karpun N.N. Korichnevo-mramornyi kloп *Halyomorpha halys* Stål na yuge Rossii: naskolko velika opasnost? [Brown Marmorated Stink Bug *Halyomorpha halys* Stål in the South of Russia: How Big is the Danger?] / Karpun N.N., Grebennikov K.A., Protsenko V.E. and others // Zashchita i karantin rasteniy [Protection and Quarantine of Plants]. – 2018. – No. 3. – P. 23-25 [in Russian]
10. Mityushev I.M. Mramornyi kloп *Halyomorpha halys* [Marmorated Bug *Halyomorpha halys*] / I.M. Mityushev // Materialy mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii molodykh uchonykh i spetsialistov, posvyashchonnoy 100-letiyu I.S. Shatilova, g. Moskva, 6-7 iyunya 2017 g.: Sbornik statey [Materials of the International Scientific Conference of Young Scientists and Specialists dedicated to the 100th anniversary of I.S. Shatilov, Moscow, June 6-7, 2017: Collection of articles]. / M. - 2017. - P. 24-26. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.76.10.015>**ХОЛОДНАЯ ПАСТЕРИЗАЦИЯ РЫБНЫХ ПРЕСЕРВОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ**

Научная статья

Кобялко В.О.¹, Полякова И.В.^{2,*}, Саруханов В.Я.³, Васильева Н.А.⁴, Морозова А.И.⁵, Лауринавичюс К.С.⁶, Доронищев Ф.В.⁷, Фролова Н.А.⁸, Губина О.А.⁹¹ ORCID: 0000-0001-8542-7748;² ORCID: 0000-0003-1602-7921;³ ORCID: 0000-0002-8502-6562;⁴ ORCID: 0000-0002-5287-0740;⁵ ORCID: 0000-0002-1191-4970,

Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии, Обнинск, Россия;

⁶ ORCID: 0000-0002-7757-2790,

Институт биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г.К. Скрыбина, Пущино, Россия;

⁷ ORCID: 0000-0002-3802-7386,

Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского, Москва, Россия;

⁸ ORCID: 0000-0002-7956-8736;⁹ ORCID: 0000-0002-4413-8373,

Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии, Обнинск, Россия

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

Аннотация

Радиационные технологии обеспечения микробиологической безопасности и увеличения сроков хранения пищевой продукции получили широкое распространение во всем мире. Созданы и эксплуатируются различные гамма-установки и электронные ускорители, соответствующие международным стандартам и требованиям безопасности. В Российской Федерации энергично развиваются Центры радиационной обработки на базе электронных ускорителей, обеспечивающие параметры облучения, разрешенные для пищевых продуктов. Ведется работа по определению оптимальных режимов радиационной обработки различных видов продуктов. Весьма перспективно использование электронных ускорителей для холодной пастеризации рыбной продукции (рыбных пресервов), которая выделяется высоким уровнем микробиологического загрязнения, определяющим опасность для здоровья человека и непродолжительные сроки безопасного хранения. Существует необходимость оценить применимость различных электронных ускорителей и возможных режимов радиационной обработки для достижения необходимого антибактериального эффекта и сохранения чувствительных сенсорных характеристик облученной продукции. Для решения этой задачи была выполнена оценка антимикробной эффективности радиационной обработки на различных электронных ускорителях (У003 «Электроника», ИЛУ-10, УЭЛР-10-10-40 и УЭЛР-10-15-С-60-1) с энергией электронов от 5 до 10 МэВ образцов рыбных пресервов сразу после воздействия и во время хранения при низких положительных температурах ($5 \pm 3^\circ\text{C}$). В результате выполненных исследований для холодной пастеризации рыбных пресервов рекомендуется использование электронных ускорителей всех рассмотренных типов и дозы облучения от 3 до 6 кГр. Отмечается необходимость ограничения плотности потока электронов для 10 МэВ установок, которая требует дальнейшего изучения.

Ключевые слова: Холодная пастеризация, электронный ускоритель, рыбные пресервы, микробиологическое загрязнение.

COLD PASTEURIZATION OF FISH PRESERVES USING ELECTRONIC RADIATION

Research article

Kobyalko V.O.¹, Polyakova I.V.^{2,*}, Sarukhanov V.Ya.³, Vasilieva N.A.⁴, Morozova A.I.⁵, Laurinavichyus K.S.⁶, Doronichev F.V.⁷, Frolova N.A.⁸, Gubina O.A.⁹¹ ORCID: 0000-0001-8542-7748;² ORCID: 0000-0003-1602-7921;³ ORCID: 0000-0002-8502-6562;⁴ ORCID: 0000-0002-5287-0740;⁵ ORCID: 0000-0002-1191-4970,

All-Russian Scientific Research Institute of Radiology and Agro-ecology, Obninsk, Russia;

⁶ ORCID: 0000-0002-7757-2790;

Skryabin Institute of Biochemistry and Physiology of Microorganisms, Pushchino, Russia;

⁷ ORCID: 0000-0002-3802-7386,

Moscow State University of Technology and Management named after K.G. Razumovsky, Moscow, Russia;

⁸ ORCID: 0000-0002-7956-8736;⁹ ORCID: 0000-0002-4413-8373,

All-Russian Scientific Research Institute of Radiology and Agro-ecology, Obninsk, Russia

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

Abstract

Radiation technologies for ensuring microbiological safety and increasing the longevity of food products have become widespread worldwide. Various gamma-systems and electronic accelerators complying with the international standards and safety requirements have been created and are being used. In the Russian Federation, the Radiation Processing Centers are developing energetically by electronic accelerators providing the irradiation parameters acceptable for food products. Work is underway to determine the best mode for radiation treatment of various types of products. The use of electronic accelerators for cold pasteurization of fish products (fish preserves) is very promising – it is distinguished by a high level of microbiological contamination which predetermines the danger to human health and short terms of safe storage. There is a need to evaluate the applicability of various electronic accelerators and possible modes of radiation treatment to achieve the necessary antibacterial effect and preserve sensitive sensory characteristics of irradiated products. To solve this problem, the antimicrobial efficacy of radiation treatment on various electronic accelerators was evaluated (Y003 “Electronics,” ILU-10, UELR-10-10-40, and UELR-10-15-C-60-1) with electron energy of 5 up to 10 MeV of fish preserves samples immediately after the exposure and during storage at low positive temperatures (5 ± 3 °C). As a result of the studies carried out for cold pasteurization of fish preserves, it is recommended to use electronic accelerators of all types considered and irradiation doses from 3 to 6 kGy. There is a need to limit the electron flux density for 10 MeV installations, which requires further study.

Keywords: Cold pasteurization, electronic accelerator, fish preserves, microbiological contamination.

Введение

Радиационные технологии широко используются во всем мире для обработки сельскохозяйственного сырья и пищевой продукции с целью обеспечения микробиологической безопасности и увеличения сроков хранения [1]. Определены типы источников ионизирующего излучения, предельная энергия гамма-квантов и электронов, а так же максимальные дозы облучения пищевой продукции, не делающие продукт радиоактивным и не создающие продуктов радиолиза в концентрациях, способных провоцировать токсические эффекты в организме потребителя [2]. С учетом этих ограничений ведется поиск таких режимов радиационной обработки, которые бы обеспечивали максимальный антимикробный эффект и не приводили к нарушению уязвимых сенсорных показателей конкретных видов пищевой продукции и сельскохозяйственного сырья [3]. Особенно актуальна подобная обработка для разнообразных продуктов аквакультуры из-за их высокой микробиологической загрязненности, определяющей повышенную опасность для здоровья человека и непродолжительные сроки безопасного использования [4]. Один из них - рыбные пресервы, высокий уровень микробиологического загрязнения, которых, обусловлен особенностями изготовления (отсутствие термической стерилизации, концентрация соли $< 8\%$, вариативность микрофлоры компонентов) и требованиями торговых сетей к температурам хранения на стадии реализации продукции (низкие положительные температуры до $+6^\circ\text{C}$) [5]. Сроки безопасного хранения, в этом интервале температур, не превышают 5-10 суток [6]. При употреблении рыбных пресервов велика вероятность развития тяжелых желудочно-кишечных инфекций, например, листериоза, возбудители которого размножаются в среде продукта [7]. В целях предотвращения размножения микроорганизмов используют консерванты – бензоат натрия, сорбиновую кислоту, сорбат калия, низин и др [8]. Суммарные концентрации бензоатов и сорбатов ограничиваются 2000 мг/кг и существует тенденция их полного исключения, так как они могут накапливаться в организме человека и оказывать негативное воздействие на его здоровье [9]. Кроме того, химические консерванты, длительно контактирующие с микроорганизмами в объеме продукта, приводят к возникновению их резистентных форм [10]. Успешной альтернативой химической обработке является метод холодной пастеризации гамма- или электронным излучениями, который позволяет инактивировать большую часть неспорообразующих микроорганизмов во всем объеме продукта без нарушения целостности упаковки [11]. Большинство видов рыбных пресервов упаковано в тару с геометрическими размерами, позволяющими проводить их обработку, как на гамма-установках, так и на электронных ускорителях с энергией электронов от 2,5 до 10 МэВ. Ускорители с такими характеристиками используются в Центрах радиационной обработки пищевой продукции во всем мире [12]. Существует устойчивая тенденция к развитию их применения в Российской Федерации. Ранее проведенные исследования по использованию гамма-излучения (источник ^{60}Co , мощность дозы 1,5 Гр/с) для обработки рыбных пресервов показали, что при дозах облучения от 3 до 6 кГр достигается необходимый антимикробный эффект, а сенсорные и физико-химические показатели не нарушаются [13]. При этом сроки хранения облученной продукции возрастают в 2-3 раза. Однако длительное время достижения необходимой дозы облучения требует системы поддержания оптимального для продукта температурного режима, а производительность гамма-установок зависит от мощности, которая определяется активностью загруженных источников. В РФ гамма-установки большой мощности, в настоящее время, практически отсутствуют, а их эксплуатация сопряжена с повышенными требованиями к безопасности. В то же время, уже функционирующие Центры радиационной обработки, подобные частной компании «Теклеор» (Калужская область), оснащены современными электронными ускорителями с необходимыми для облучения пищевой продукции техническими характеристиками и остро заинтересованы в конкретных рекомендациях и технологических регламентах [14]. Проблема заключается в том, что мощность дозы в зоне прохождения электронного пучка достигает 100 кГр/с и это может отражаться на органолептических показателях рыбной продукции и эффективности антимикробной обработки. Поэтому необходимо определить оптимальные режимы радиационной обработки с использованием электронных ускорителей, оценить перспективность имеющихся установок и сформулировать рекомендации для их успешного использования.

Настоящее исследование направлено на решение этой задачи, а именно, определение оптимальных режимов холодной пастеризации рыбных пресервов с использованием электронных ускорителей на основе оценки антимикробной эффективности радиационной обработки образцов сразу после воздействия и во время хранения при низких положительных температурах ($5\pm 3^\circ\text{C}$).

Материалы и методы

Образцы рыбных пресервов были изготовлены из размороженных блоков сельди и представляли собой герметично закрытые банки с кусочками, предварительно просоленного филе рыбы в масляной заливке (растительное масло) со специями и с консервантом (бензоатом натрия) в концентрации 2000 мг/кг. Геометрические размеры упаковки: $d=15$ см, $h=1,5$ см. Вес банки – 0,2 кг. Сроки хранения продукции при t от -8 до 0 °C не более 3-4 мес, при $t=5\pm 3$ °C – 5-10 сут.

Радиационная обработка выполнялась на электронных ускорителях (ЭУ) с разной энергией электронного излучения: на линейном волноводном УЭ – У003 «Электроника» ВНИИ технической физики и автоматизации с энергией электронов 5 МэВ (НИИТФА, г. Москва), импульсном УЭ (ИЛУ 10) – с энергией электронов 5 МэВ (ИЯФ им. Будкера, г. Новосибирск), радиационно-технологической установке (РТУ) с УЭЛР-10-10-40 в ФМБЦ им. А.И. Бурназяна, энергия электронов – 10 МэВ и УЭЛР-10-15-С-60-1 Центра антимикробной обработки растительного и животного сырья Теклеор (Калужская область, Россия) с возможностью изменения энергии электронов от 5 до 10 МэВ. Образцы выкладывались на конвейер в коробках по 4 банки в ряд на ускорителях с энергией электронов 5 МэВ в 1 слой ($h=1,5$ см), 10 МэВ в 2 слоя ($h=3,0$ см). Равномерность облучения достигала 95%. Измерение поглощенной дозы (ПД) осуществляли с использованием тонкопленочных детекторов на полимерной основе и дозиметров Фрике. Погрешности измерения ПД не превышали 10–12 % при доверительной вероятности 0,95.

Время обработки при 15 °C не превышала 15 мин. Контрольные и опытные образцы находились при этой температуре в равных условиях. До облучения и после него образцы содержались в холодильнике при температуре не выше +6 °C. Из каждой банки рыбных пресервов, в соответствии со схемой эксперимента, отбирали образец мяса рыбы весом в 1 г. Его измельчали в 9 мл стерильного физиологического раствора и выдерживали несколько минут при комнатной температуре. Из полученной суспензии готовили несколько разведений и из каждого отбирали по 0,1 мл для посева на стандартный мясопептонный агар для определения количества мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) и по 0,1 мл для посева на среду Сабуро с молочной кислотой для выявления дрожжей и плесеней. Чашки Петри помещали в термостаты и инкубировали при температуре 35 ± 1 °C для определения КМАФАнМ и 27 ± 1 °C для определения количества дрожжей и плесеней. Учет числа колоний проводили через 1, 3 и 5 суток в связи с задержкой процесса колониеобразования после облучения. Оценку сенсорных показателей проводили на анонимных образцах рыбных пресервов, отмечая вкус, аромат и цвет продукта по 5-бальной шкале. Для минимизации различий обусловленных манипуляциями с продукцией, анализ сенсорных показателей осуществляли на 3-и сутки после радиационной обработки. Данные анализировали с использованием процедуры дисперсионного анализа. Достоверность различий между образцами с разными типами обработки определяли с использованием t-критерия Стьюдента. Значимость различий отмечали при $p<0,05$.

Результаты и обсуждение

Качество и безопасность продуктов питания (в частности рыбных пресервов) контролируется по ряду показателей с определенными значениями, установленных как норматив на данный вид продукции. В образцах рыбной продукции не было обнаружено патогенных микроорганизмов, таких как сальмонеллы, БГКП, листерии, стафилококки и сульфитредуцирующие клостридии во всех сериях экспериментов. В то же время изначальная общая микробная обсемененность (КМАФАнМ) приближалась к верхней границе нормы ($2\cdot 10^5$ КОЕ/г согласно ТР ЕАЭС 040/2016). Отмечали высокий уровень дрожжей (разрешенный уровень – 10^2 КОЕ/г). Плесени были обнаружены в единственном контрольном образце за все время исследований. Органолептические и физико-химические показатели соответствовали свежеприготовленной продукции.

При радиационной обработке образцов рыбных пресервов на линейном волноводном УЭ – У003 «Электроника» в рекомендованном для стерилизации пищевых продуктов режиме (энергия электронов – 5 МэВ, средний ток пучка 750 мкА, скорость транспортера – 3,0 см/с и 1,5 см/с) в дозах 3 и 6 кГр показатели КМАФАнМ и количества дрожжей снижались в зависимости от величины дозы облучения (рис. 1).

Анализ микробиологических параметров образцов выполняли на второй день после обработки (7 дней после изготовления) и уровень микробиологического загрязнения необлученных образцов к этому времени превышал нормативную величину, что согласуется с ограничением на срок хранения подобной продукции в использованном температурном режиме.

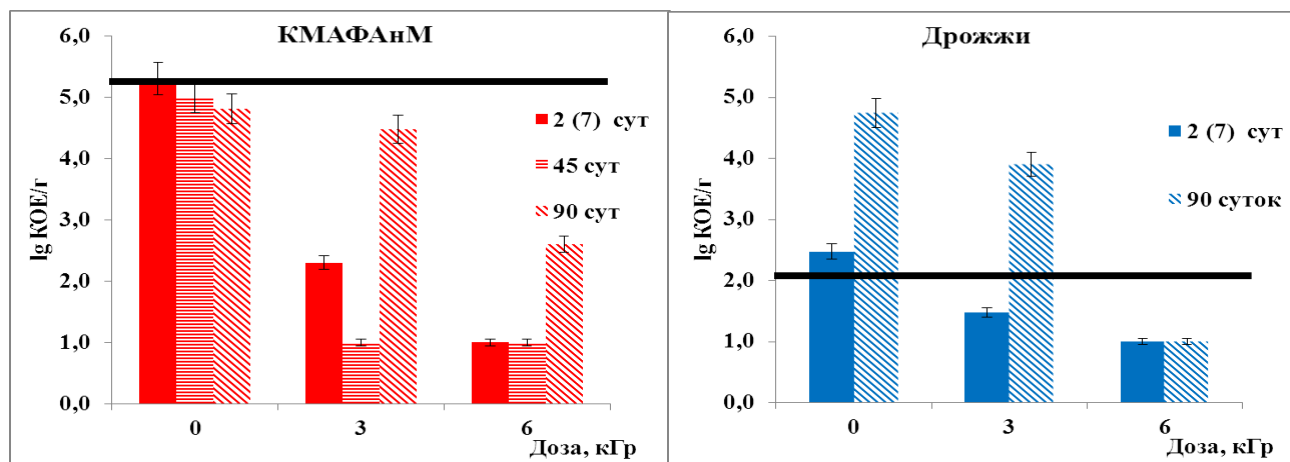


Рис. 1 – Показатели микробиологического загрязнения рыбных пресервов после радиационной обработки на УЭ У003-Электроника

В то же время облученные образцы, в эти и последующие сроки исследования, продемонстрировали устойчивый положительный эффект снижения микробиологического загрязнения. Содержание контролируемых дрожжей превысило нормативный уровень при дозе облучения 3 кГр только на 90 суток. Физико-химические показатели продукции, облученной в этих дозах, не отличаются от контрольных и чрезвычайно медленно изменяются во время хранения [15]. Анализ органолептических показателей не выявил нарушений даже при максимальной дозе – 6 кГр. В то же время процессы порчи в контрольных образцах, обусловленные развитием микроорганизмов, через 90 суток после изготовления, приводили к появлению неприятного запаха и изменению консистенции мяса рыбы.

Использование для радиационной обработки рыбных пресервов установки ИЛУ-10 в 2 режимах: с минимально (min) технологически возможными (энергия электронов – 4,8 МэВ, ток пучка 100 мА, частота следования импульсов – 2 Гц, скорость транспортера в зависимости от дозы до 4 см/с) и максимальными (max) (энергия электронов – 4,8 МэВ, ток пучка – 320 мА, частота следования импульсов – 2 Гц, скорость транспортера до 4 см/с) параметрами продемонстрировало снижение микробиологического загрязнения продукции (рис.2). В зависимости от величины дозы облучения (в диапазоне от 1,6 до 6 кГр) достигался необходимый эффект снижения уровня КМАФАнМ и дрожжей, как и в случае обработки продукции на электронном ускорителе У003-Электроника. Было отмечено незначительное снижение антимикробной эффективности радиационной обработки при изменении плотности потока электронов (увеличение силы тока до 320 мА). В наибольшей степени эти различия проявились через 90 суток хранения.

При анализе уровня микробиологического загрязнения образцов обработанных в этом режиме, соответствие нормативным требованиям продемонстрировали только те, которые были облучены в дозе 6 кГр. Как и в случае с электронным ускорителем У003-Электроника нарушений органолептических показателей облученных рыбных пресервов выявлено не было во всем диапазоне доз воздействия вплоть до 90 суток. Использование электронных ускорителей с энергией электронов 9-10 МэВ позволяет увеличить толщину обрабатываемого объекта до 4,5 см. В случае рыбных пресервов, использованных в экспериментах, 95% равномерность облучения достигалась при укладке баночек высотой 1,5 см в 2 слоя.

Обработка образцов рыбной продукции на радиационно-технологической установке с УЭЛР-10-10-40 (энергия электронов пучка - 10 МэВ; средний ток пучка - 380 мкА; скорость конвейера – 3 см/с, мощность дозы в пучке, падающем на транспортный контейнер для облучения, по расчетным оценкам составляет около 100 кГр/сек) в дозе 6 кГр продемонстрировало снижение микробиологических показателей до нормативных значений, как по показателю КМАФАнМ так и по дрожжам, но с меньшей эффективностью, чем при облучении на ЭУ с энергией электронов 5 МэВ (рис.3).

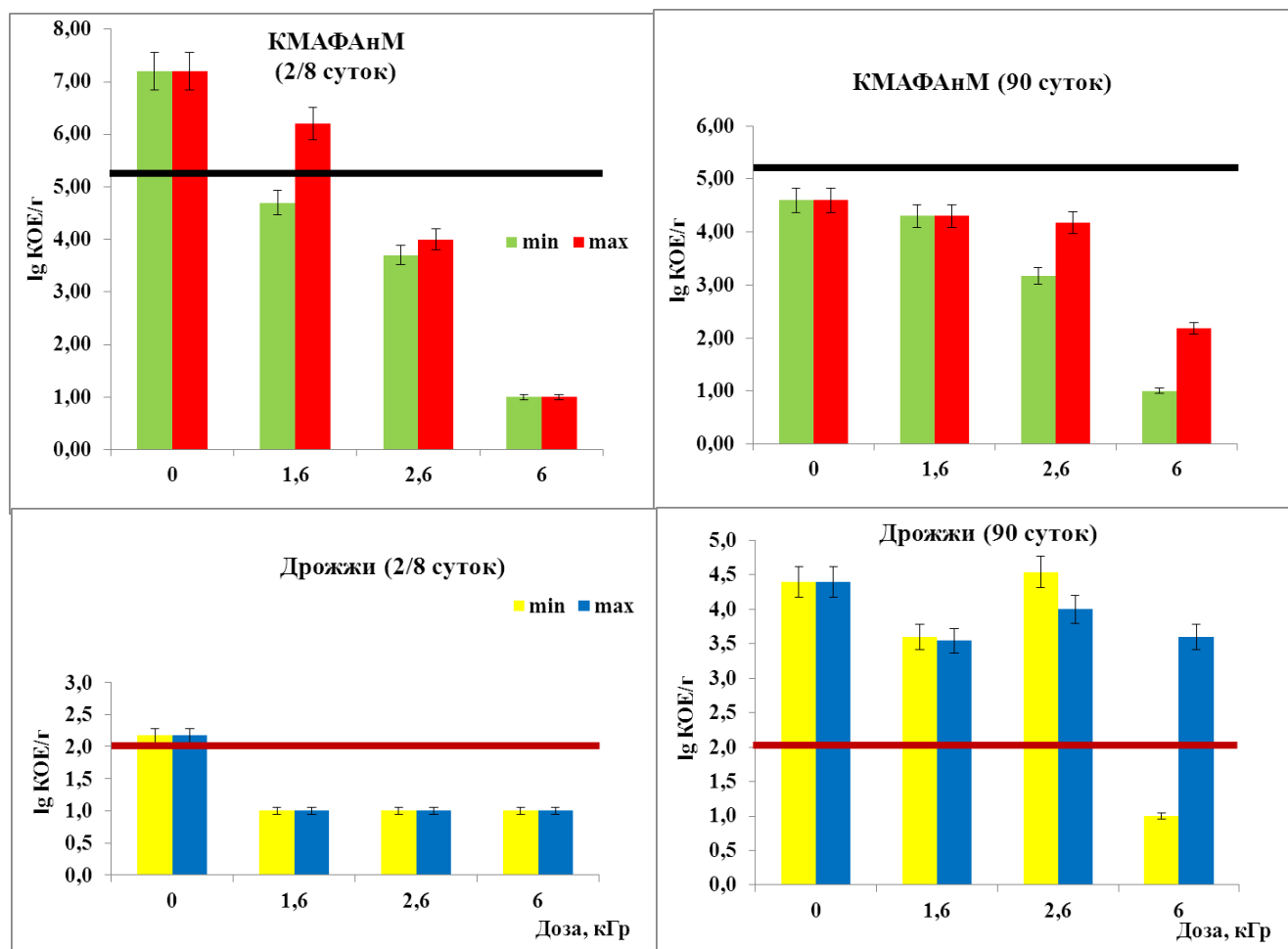


Рис. 2 – Показатели микробиологического загрязнения рыбных пресервов после радиационной обработки на электронном ускорителе ИЛУ-10. (2/8 – время после облучения/время после изготовления)

Через 95 суток хранения отмечали картину микробиологического загрязнения сходную с результатом обработки на ИЛУ-10 в режиме с высокой плотностью электронов (превышение количества дрожжей выше нормативных значений). Сенсорный анализ выявил изменение запаха образцов облученных пресервов, которое исчезло через 2 недели после обработки. На 95 сутки хранения органолептические показатели были удовлетворительными.

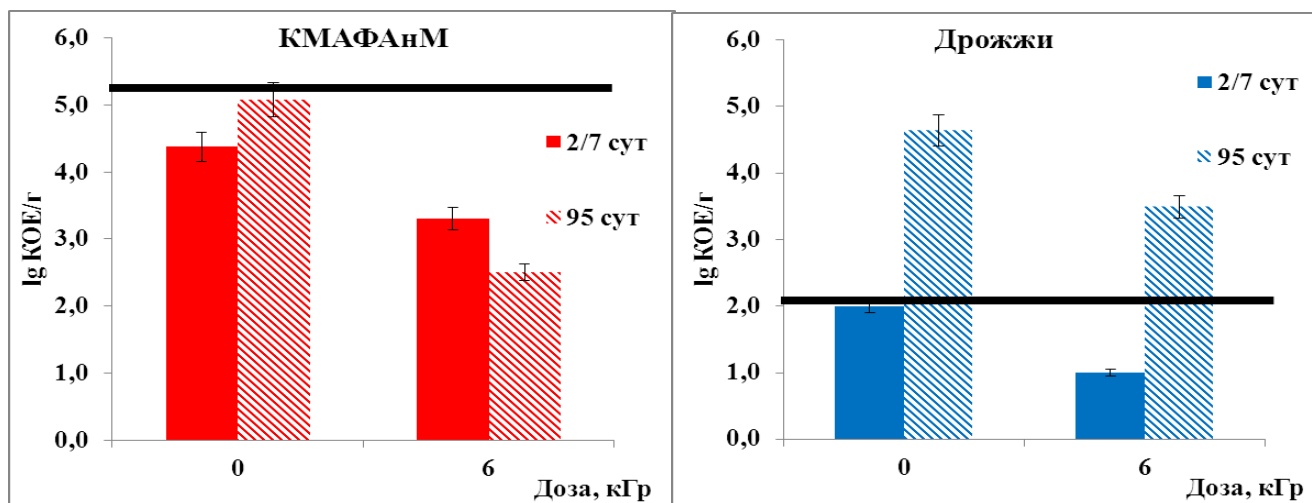


Рис.3 – Показатели микробиологического загрязнения рыбных пресервов после радиационной обработки на электронном ускорителе УЭЛР-10-10-40 (2/7 – время после облучения/время после изготовления)

Для снижения негативных последствий облучения на сенсорные показатели радиационную обработку на УЭЛР-10-15-С-60-1 (энергия электронов 9,5 МэВ, ток пучка – 380 мкА, скорость конвейера – 3 см/с) проводили в дозе 4 кГр. Выбор такой дозы облучения обусловлен тем, что при ней с 99,99% вероятностью инактивируется патоген *Listeria monocytogenes*, наиболее часто встречающийся в рыбной продукции и представляющий серьезную угрозу для здоровья потребителя [16]. Радиационная обработка в таком режиме привела к снижению микробиологического загрязнения образцов рыбных пресервов до уровня менее 10 КОЕ/г по обоим контролируемым показателям (рис.4).

Только через 30 суток хранения отмечали превышение содержания дрожжей выше нормативных значений. Нарушений сенсорных показателей не отмечали, и органолептические показатели сохранялись неизменными во время хранения. При этом контрольные (не облученные) образцы уже к 20 суткам не соответствовали микробиологическим нормативам, а сенсорные показатели существенно отличались от исходных.

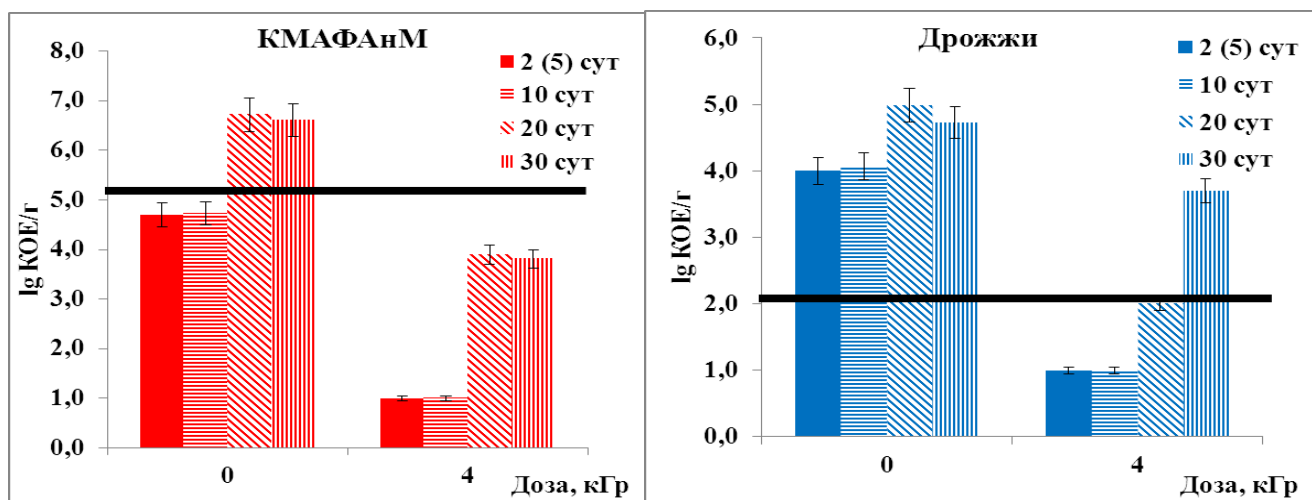


Рис. 4 – Показатели микробиологического загрязнения рыбных пресервов после радиационной обработки на электронном ускорителе УЭЛР-10-15-С-60-1 (2/5 – время после облучения/время после изготовления)

Таким образом, проведенные исследования позволяют рекомендовать для холодной пастеризации рыбных пресервов электронные ускорители всех рассмотренных типов при дозах облучения от 3 до 6 кГр. Радиационная обработка в указанных дозах позволяет существенно снизить уровень микробиологического загрязнения, увеличить сроки хранения рыбной продукции в 2-3 раза в условиях низких положительных температур (до +6 °С) и практически полностью гарантировать инактивацию сравнительно радиорезистентных патогенов, таких как *Listeria monocytogenes* и *Salmonella* spp [17], [18], [19]. Органолептические показатели при этих дозах воздействия не нарушаются, но с увеличением плотности потока электронного облучения на установках генерирующих электроны с максимальной разрешенной энергией 10 МэВ может отмечаться появление неспецифического для продукции запаха. Кроме того отмечается незначительное снижение эффективности антимикробного воздействия. Следовательно, облучение на таких установках необходимо выполнять при меньших дозах (3-4 кГр) и со средней плотностью электронного потока. Несмотря на то, что обнаруженный эффект требует выполнения исследований по его подтверждению с применением

модельных систем, оптимальное снижение радиационной нагрузки на рыбную продукцию, содержащую много ненасыщенных жирных кислот (Омега-3, 6, 9) может оказаться оправданным. Большое внимание привлекает возможность устранения консервантов из облученной продукции и установление сроков ее безопасного использования. Решение этого вопроса потребует уточнения оптимальных доз радиационной обработки на электронных ускорителях имеющихся типов.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности / Под общ. ред. Г.В. Козьмина, С.А. Гераськина, Н.И. Санжаровой. - Москва-Обнинск: ИНФОРМПОЛИГРАФ, 2015. - 400 с. ISBN: 978 5 903386 39 0.
2. Кодекс Алиментариус. Облученные продукты питания. Совместная программа ФАО/ВОЗ по стандартам на пищевые продукты. М.: Вест Мир, 2007. - 21 с.
3. Food irradiation research and technology / Edited by Christopher H. Sommers and Xuetong Fan. Oxford: Blackwell Publishing Professional, 2006. - 317 p.
4. Food and drug administration, "Pathogen Survival through Cooking", Fish and Fishery Products Hazards and Control Guide (First Edition), Department of Health and Human Services, Public Health Service, FDA, Centre for Food Safety and Applied Nutrition, Office of Sea Food, Washington, D.C., 1996. - P. 161-168.
5. ТР ЕАЭС 040/2016 «О безопасности рыбы и рыбной продукции».
6. Дутова Е. Н. Исследование возможности хранения пресервов при положительных температурах / Е. Н. Дутова, М. М. Гофтарш, А.В. Кардашев // Труды ВНИРО. - 1979. - Т. 139. - С. 58-64.
7. Farber J.M. Present situation in Canada regarding *Listeria monocytogenes* and ready to eat sea food products / J.M. Farber // Int. J. Food Microbiol. - 2000. - V. 62. - P. 247-251.
8. Chipley J.R. Sodium Benzoate and Benzoic Acid. In: Antimicrobials in Food. 3rd Edn. / Davidson P.M., J.N. Sofos, A.L. Branen // CRC Press, FL, 2005. - P. 11-48. ISBN: 92 4 153026 X.
9. Piper P. W. Yeast superoxide dismutase mutants reveal a pro-oxidant action of weak organic acid food preservatives / P. W. Piper // Free Radic. Biol. Med. - 1999. - V. 27. - P. 1219-1227.
10. Лыков И.Н. Микроорганизмы. Биология и экология / И.Н. Лыков, Г.А. Шестакова. - Калуга: Издатель Захаров С.И. («СерНа»). - 2014. - 400с. ISBN: 978-5-905849-24-4.
11. Farkas J. Irradiation as a method for decontaminating food. A review / J. Farkas // Int. J. Food Microbiol. - 1998. - V. 44. - P. 189-204.
12. Kume T. Status of food irradiation in the world / T. Kume, M. Furuta, S. Todorikis et al. // Radiation Physics and Chemistry. - 2009. - V. 73. - P. 222-226.
13. Полякова И.В. Использование γ -излучения для холодной стерилизации многокомпонентных продуктов готовых к употреблению / И.В.Полякова, В.О. Кобялко, В.Я. Саруханов и др. // Радиация и риск. - 2015. - Том 24. - № 4. - С.43-52.
14. Санжарова Н.И. Радиационные технологии: приоритетные направления развития и коммерциализации / Н.И. Санжарова, А.А. Молин, Г.В. Козьмин и др. // Аграрная наука. - 2016. - № 1. - С. 2-5.
15. Полякова И.В. Исследование эффективности холодной стерилизации рыбных пресервов электронным излучением в зависимости от дозиметрических параметров облучения / И.В. Полякова, В.О. Кобялко, В.Я. Саруханов и др. // Радиация и риск. - 2017. - Т. 26. - № 2. - С. 97-106.
16. Turgis M. Elimination of *Listeria monocytogenes* in sausage meat by combination treatment: Radiation and radiation resistant bacteriocins / M. Turgis, V. Stotz, C. Dupont et al. // Rad. Physic. Chem. - 2012. - №81. - P. 1185-1188.
17. Mohamed H.M.H. Nisin Treatment To Enhance the Efficacy of Gamma Radiation against *Listeria monocytogenes* on Meat / H.M.H. Mohamed, F.A. Elnawawi, A.E. Yousef // J. Food Protect. - 2011. - №74. - P. 193-199.
18. Saroj S.D. Effectiveness of radiation processing in elimination of *Salmonella typhimurium* and *Listeria monocytogenes* from sprouts / S.D. Saroj, R. Shashidhar, M. Pandey et al. // J Food Prot. - 2006. - №69. - P. 1858-1864.
19. Grant I.R. Combined effect of gamma-radiation and heating on the destruction of *Listeria monocytogenes* and *Salmonella Typhimurium* in cook-chill roast beef and gravy / I. R. Grant, M.F. Patterson // International Journal of Food Microbiology. - 1995. - №27. - P. 117-128.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Radiatsionnye tekhnologii v sel'skom khozyaystve i pishchevoy promyshlennosti [Radiation technologies in agricultural and food industry] / Ed. by G.V. Koz'mina, S.A. Geras'kina, N.I. Sanzharovoj. - Moscow-Obninsk: INFORMPOLIGRAF. - 2015. - 400 p. [in Russian]
2. Kodeks Alimentarius. Obluchennyye produkty pitaniya. Sovmestnaya programma FAO/VOZ po standartam na pishchevye produkty [The Codex Alimentarius. General Standard for Irradiated Foods Codex standard]. - M.: Izdatelstvo "Ves' Mir" - 2007. - 21 p. [in Russian]
3. Food irradiation research and technology / Edited by Christopher H. Sommers and Xuetong Fan. Oxford: Blackwell Publishing Professional, 2006. - 317 p.
4. Food and drug administration, "Pathogen Survival through Cooking", Fish and Fishery Products Hazards and Control Guide (First Edition), Department of Health and Human Services, Public Health Service, FDA, Centre for Food Safety and Applied Nutrition, Office of Sea Food, Washington, D.C., 1996 - P. 161-168.
5. TR EAEHS 040/2016 «O bezopasnosti ryby i rybnoy produktsii» [EAEU TR 040/2016 «On the safety of fish and fish products»]. [in Russian]

6. Dutova E. N. Issledovanie vozmozhnosti khraneniya preservov pri polozhitel'nykh temperaturakh [Study of the possibility of preserves storing at positive temperatures] / E.N. Dutova, M.M. Gofarsh, A.V. Kardashev. // Trudy VNIRO. - 1979. - № 139. - P. 58-64. [in Russian]
7. Farber J.M. Present situation in Canada regarding *Listeria monocytogenes* and ready to eat sea food products / J.M. Farber // Int. J. Food Microbiol. - 2000. - V. 62. - P. 247-251.
8. Chipley J.R. Sodium Benzoate and Benzoic Acid. In: Antimicrobials in Food. 3rd Edn. / Davidson, P.M., J.N. Sofos, A.L. Branen // CRC Press, FL. -2005. - P. 11-48. ISBN: 92 4 153026 X.
9. Piper P. W. Yeast superoxide dismutase mutants reveal a pro-oxidant action of weak organic acid food preservatives / P. W. Piper // Free Radic. Biol. Med. - 1999. - V. 27. - P. 1219-1227.
10. Lykov I.N. Mikroorganizmy. Biologiya i ehkologiya [Microorganisms. Biology and ecology] / I.N. Lykov, G.A. Shestakova. Kaluga: Izdatel' Zakharov S.I. («SerNa»). - 2014. - 400 p. [in Russian]
11. Farkas J. Irradiation as a method for decontaminating food. A review / J. Farkas // Int. J. Food Microbiol. - 1998. - V. 44. - P. 189-204.
12. Kume T. Status of food irradiation in the world / T. Kume, M. Furuta, S. Todorikis et al. // Radiation Physics and Chemistry. - 2009. - V. 73. - P. 222-226.
13. Polyakova I.V. Ispol'zovanie γ -izlucheniya dlya kholodnoy sterilizatsii mnogokomponentnykh produktov gotovykh k upotrebleniyu [The use of γ -radiation for cold sterilization of multicomponent products ready meals] / I.V. Polyakova, V.O. Kobyalko, V.Ya. Sarukhanov et al. // Radiatsiya i risk. [Radiation and Risk] - 2015. - № 24(4). - P. 43-52 [in Russian]
14. Sanzharova N.I. Radiatsionnye tekhnologii: prioritetye napravleniya razvitiya i kommersializatsii [Radiation agricultural biotechnologies: priority areas for the development and commercialization] / N.I. Sanzharova, A.A. Moline, G.V. Koz'min et al. // Agrarnaya nauka. [Agrarian Science]. - 2016. - № 1. - P. 2-5. [in Russian]
15. Polyakova I.V. Issledovanie ehffektivnosti kholodnoy sterilizatsii rybnykh preservov ehlektronnym izlucheniem v zavisimosti ot dozimetricheskikh parametrov oblucheniya [Influence of dose characteristics on efficiency of electron beam sterilization of fish preserves] / I.V. Polyakova, V.O. Kobyalko, V.Ya. Sarukhanov et al. // Radiatsiya i risk. [Radiation and Risk]. - 2017. - № 26(2). - P. 97-106 [in Russian]
16. Turgis M. Elimination of *Listeria monocytogenes* in sausage meat by combination treatment: Radiation and radiation resistant bacteriocins / M. Turgis, V. Stotz, C. Dupont et al. // Rad. Physic. Chem. - 2012. - №81. - P. 1185-1188.
17. Mohamed H.M.H. Nisin Treatment To Enhance the Efficacy of Gamma Radiation against *Listeria monocytogenes* on Meat / H.M.H. Mohamed, F.A. Elnawawi, A.E. Yousef // J. Food Protect. - 2011. - №74. - P. 193-199.
18. Saroj S.D. Effectiveness of radiation processing in elimination of *Salmonella typhimurium* and *Listeria monocytogenes* from sprouts / S.D. Saroj, R. Shashidhar, M. Pandey et al. // J. Food Prot. - 2006. - № 69. - P. 1858-1864.
19. Grant I.R. Combined effect of gamma-radiation and heating on the destruction of *Listeria monocytogenes* and *Salmonella Typhimurium* in cook-chill roast beef and gravy / I.R. Grant, M.F. Patterson // International Journal of Food Microbiology. - 1995. - №27. - P. 117-128.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.76.10.016>**ФУНГИЦИДЫ ПРОТИВ КОМПЛЕКСА МИКРОМИЦЕТОВ НА СЕМЕНАХ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЦЕНТРАЛЬНО ЧЕРНОЗЕМНОГО РЕГИОНА**

Научная статья

Лавринова В.А.^{1,*}, Полунина Т.С.², Гусев И.В.³

Среднерусский филиал Федерального государственного научного бюджетного учреждения «Федеральный научный центр имени И.В. Мичурина», Тамбов, Россия

* Корреспондирующий автор (lawrinowa777[at]mail.ru)

Аннотация

Выявлен видовой состав возбудителей семенного материала озимой пшеницы в Тамбовской области, он неоднороден и развивался в зависимости от сортовых особенностей культуры и от климатических факторов. Отмечено, что количество пораженных зерновок грибами рода *Fusarium* по отношению к 2016 году возросло, а распространение грибов рода *Alternaria* наоборот снизилось. Установлено, что зараженность семян гельминтоспориозными грибами отсутствовало или находилось далеко за пределами порога вредоносности возбудителя. Доказана высокая биологическая эффективность (82,6 %) на сорте Северодонецкая Юбилейная смесевой формы фунгицида Поларис и регулятора роста Эмистим, аналогичная ситуация наблюдалась против альтернариозной инфекции (72,7 %). Результаты исследований показали, что сильному угнетению микромицетов из рода *Fusarium* (82,6 %) и комплексной нагрузки фитопатогенов на одну зерновку (100 %) способствовал химический препарата Максим Форте.

Ключевые слова: Озимая пшеница, микромицеты, зараженность семян, комплекс патогенов, фунгициды.

FUNGICIDES AGAINST MICROMECETES COMPLEX ON WINTER WHEAT SEEDS IN NORTH-EAST OF CENTRAL BLACK EARTH REGION

Research article

Lavrinoва V.A.^{1,*}, Polunina T.S.², Gusev I.V.³

Central Russian Branch of the Federal State Scientific and Budgetary Institution "Federal Scientific Center named after I.V. Michurin", Tambov, Russia

* Corresponding author (lawrinowa777[at]mail.ru)

Abstract

The article discusses the species composition of the causative agents of winter wheat seed material in the Tambov region; it is heterogeneous and developed depending on the varietal characteristics of the crop and climatic factors. It is noted that the number of affected grains of fungi of the *Fusarium* genus has increased in comparison with 2016, while the spread of fungi of the *Alternaria* genus has on the contrary decreased. It is established that the infection of the seeds with helminthosporium fungi did not take place or was far beyond the threshold of the harmfulness of the pathogen. High biological efficiency (82.6%) of Severodonetsk Yubileynaya mixed form of Polaris fungicide and the growth regulator Emistim was proved, a similar situation was observed against alternative infection (72.7%). The results of the studies showed that the chemical preparation Maxim Forte contributed to strong inhibition of micromycetes from the *Fusarium* genus (82.6%) and the complex load of phytopathogens per grain (100%).

Keywords: Winter wheat, micromycetes, seed contamination, complex of pathogens, fungicides.

Озимая пшеница – важная зерновая культура в ЦЧР, имеющая продовольственную и кормовую ценность и обладает ценными агротехническими качествами, являясь хорошим предшественником для ряда культур. В повышении урожайности пшеницы важное место принадлежит защите семенного материала от вредоносных болезней, которые приводят к снижению урожайности, ухудшению его качества, возможно даже и к гибели посевов. До 60% видов фитопатогенов передаются через семена. Пораженные семена теряют всхожесть, энергию прорастания, силу роста, в них нарушается нормальное течение биохимических процессов, и способствуют накоплению инфекционного начала в почве [1, С. 24]. Посев зараженными семенами приводит к передаче болезней на вегетирующие растения и тем самым создает и поддерживает очаги инфекции в поле.

Защита посевов озимой пшеницы от болезней необходима на первых этапах роста и развития и, обеспечить ее может только протравливание. Предохранение семян и проростков от болезней – необходимая и обязательная процедура в растениеводстве [2, С. 15]. Протравливание по праву считается одним из главных приемов в технологиях предпосевной подготовки семян, оно имеет многократную окупаемость и повышает общую рентабельность сельскохозяйственного производства [3], [4], [5, С. 3]. Обеззараживание на 60-100 % ограничивает проявление семенной инфекции и на 30-80% - первичной аэрогенной и содержащейся в почве и пожнивных остатках [3, С. 26]. При выборе фунгицида следует исходить из того, что препарат должен воздействовать на комплекс возбудителей различных болезней, передающихся семенами [1, С. 24]. Использование протравителей семян позволяет достигнуть оптимального фитосанитарного состояния посевов [6, С. 141].

Видовой состав возбудителей семенного материала озимой пшеницы в Тамбовской области неоднороден и развивался в зависимости от сортовых особенностей культуры и от климатических факторов. Одним из основных стабильным источников инфекции зерновых культур, где скапливаются запасы фитопатогенов, являются семена [7, С. 10].

Наиболее опасными считаются продукты жизнедеятельности плесневых грибов – токсины и микотоксины, обладающие канцерогенным воздействием на организм человека и животных. Важнейшими продуцентами микотоксинов и токсинов являются грибы рода *Aspergillus*, *Penicillium* и *Fusarium* соответственно.

В условиях интенсификации зернопроизводства, роста удельного веса зерновых культур в севооборотах создаются специфические условия, вызывающие нарушения биологического равновесия между сапрофитной и патогенной микрофлорой в сторону накопления последней [8, С. 39]. Поэтому микрофлора, встречающаяся на семенах, может быть патогенной и сапротрофной, последняя способна переходить к паразитированию и наносит значительный ущерб в период неправильного хранения зерна.

Целью наших исследований являлось изучение влияния фунгицидов на фитопатогенную микобиоту семян озимой пшеницы в Тамбовской области.

Исследования проводили в лаборатории защиты растений Среднерусского филиала «ФНЦ им. И.В. Мичурина». Материалом для изучения служили зерновки озимой пшеницы пораженные вредоносными болезнями в естественных условиях и химические препараты для обработки семян. Об устойчивости фунгицидов судили по числу пораженных зерновок, фитопатогенные грибы изучали по общепринятым в микологии и фитопатологии методикам. Схема опыта представлена в таблице 1.

Наибольшее изменение за два последних года в Тамбовской области на сорте Северодонецкая Юбилейная (2016-2017 гг.) претерпели фузариозная и альтернариозная инфекции. Количество пораженных зерновок грибами рода *Fusarium* по отношению к 2016 году возросло в 3,3 раза, а распространение грибов рода *Alternaria* наоборот снизилось в 2,1 раза. На протяжении многих лет идет соперничество между этими двумя родами, то доминирует альтернариозная инфекция, то активизируются фузариевые грибы. Распространение альтернариозных микромицетов всегда оставалось максимальным, а в отдельные годы могла достигать эпифитотии (90 %), когда созревание хлебных злаков происходило в условиях жаркой погоды и наличие капельной влаги. Микротравмированные семена при резких перепадах температуры и влажности и в ходе уборки сильнее поражаются альтернариозом и фузариозом [9, С. 25]. Гельминтоспориозные грибы отсутствовали на семенах или их численность находилась далеко за пределами порога вредоносности возбудителя. В частности развитие и заражение pp. *Fusarium* и *Helminthosporium* происходило при повышенной температуре и влажности воздуха с той лишь разницей, что для первых эти условия нужны в фазу цветения, а для вторых – в период формирования зерна. С другой стороны, скорее всего, это связано еще и с тем, что возбудитель малоспециализирован, преимущественно поражает большое количество злаков и злаковых сорняков, и менее всего озимую пшеницу.

Большинство видов данных родов являются сапротрофами, однако некоторые – факультативные паразиты высших растений с различной степенью паразитизма [2, С. 9]. Практически в 10 раз возросло количество зерновок пораженных грибами из рода *Cladosporium*, которые совместно с альтернариозными грибами ассоциируются с чернью колоса и черного зародыша. Пораженные семена данным патоконкомплексом часто остаются не всхожими.

Проведенные исследования в лабораторных опытах на сорте Северодонецкая Юбилейная показали, что наибольшее число зерен было поражено микромицетами из pp. *Alternaria* и *Fusarium*, наименьшее – грибом *Bipolaris sorokiniana* (табл. 1, 2).

Таблица 1 – Влияние фунгицидов на зараженность семян озимой пшеницы фитопатогенами

Вариант	Зараженность семян фитопатогенами, %							
	<i>Alternaria</i> spp.	<i>Bipolaris sorokiniana</i>	<i>Fusarium</i> spp.	<i>Drechleratritici-repentis</i>	<i>Cladosporium</i> spp.	<i>Septoria</i> spp.	<i>Penicillium</i> spp. <i>Aspergillus</i> spp.	Общая
Дивиденд Экстрим 0,75 л/т	27	0	8	1	10	2	1	49
ИншурПерформ 0,6 л/т	21	0	8	1	0	0	0	30
Кинто Дуо 2,5 л/т	29	0	10	0	11	2	2	54
Ламадор Про 0,5 л/т	17	0	10	1	9	0	1	38
Максим Форте 1,75 л/т	25	0	4	0	0	0	0	29
Бенефис 0,8 л/т + Эмистим 0,001 л/т	22	0	11	0	8	0	1	42
Поларис 1,5 л/т + Эмистим 0,001 л/т	9	0	4	0	2	0	0	15
Скарлет 0,4 л/т + Эмистим 0,001 л/т	13	0	23	1	1	0	1	39
Виал ТрасТ 0,4 л/т	30	0	10	1	6	0	0	47
Контроль	33	2	23	2	9	2	6	77

Результаты микологического анализа, выявили, что между распространением возбудителей грибных болезней встречающихся на семенах озимой пшеницы Северодонецкая Юбилейная существуют значительные отличия, что подтверждают наши многолетние данные. Несомненно, решающую роль сыграли высокая влажность и оптимальная температура для фузариевых грибов и минимальное количество осадков с повышенным температурным режимом для альтернариевых в определенный период вегетации растений, которые способствовали созданию благоприятной среды для развития фитопатогенной микобиоты.

В частности возбудители фузариозной (23%) и альтернариозной инфекции (33%) преобладали в необработанном варианте, в то время гелиминтоспориозная инфекция находилась в депрессивном состоянии (2%). С другой стороны произошло увеличение зерновок темной плесенью, вызываемых грибами из р. *Cladosporium* (10%), микомикетами *Penicillium* spp. и *Aspergillus* spp. до 6 % при общей зараженности семян – 77 %. Заболевание септориозной и желтой пятнистости не превышало 2 %.

Для экономии средств и получение экологически чистой продукции рекомендуется протравливать семена биопрепаратами и регуляторами роста в композиции с химическими протравителями [10, С. 20]. После обработки фунгицидами произошло снижение общей зараженности семян до 54 %, максимальное наблюдалось после применения бинарной смеси Поларис 1,5 л/т + Эмистим 0,001 л/т, в частности отмечалось сильное угнетение альтернариозной и фузариозной инфекций (72,7-82,6 %) по отношению к другим препаратам. Также предпосевное протравливание фунгицидом Максим Форте 1,75 л/т сдерживало распространение *Fusarium* spp. до 4 % и обеспечивало значимую биологическую эффективность (82,6%). Несмотря на различие по распространению данного возбудителя все препараты снижали фузариозное заболевание ниже порога вредности. Слабая эффективность по отношению к альтернариозной инфекции наблюдалась от использования на семенах химических препаратов Виял ТрасТ 0,4 л/т (10 %), Кинто Дуо 2,5 л/т (12,1 %) и Дивиденд Экстрим 0,75 л/т (18,2 %). Несмотря на это всхожесть в этих вариантах оставалась высокой. Это говорит о том, что мицелий гриба находился только на поверхности зерновки и отсутствовал на зародышевой ее части, что могло бы привести к полной потере всхожести.

Против общей зараженности семян фитопатогенами максимальная биологическая эффективность отмечалась от применения химического препарата Поларис совместно с Эмистимом (80,5 %), минимальная - Кинто Дуо (29,9 %).

Патоккомплекс в зерновом агробиоценозе оставался минимальным (14 %) и формировался в основном из альтернариозных и фузариозных микомикетов (9 %). Стоит отметить химический препарат Максим Форте, после обработки которого, семена были свободными от нескольких возбудителей на одну зерновку. Предпосевное протравливание обеспечивало положительную биологическую эффективность фунгицида Кинто Дуо (50 %), но это значение оставалось наиболее слабым звеном опыта.

Семенная инфекция, представленная грибными болезнями, может значительно снижать урожайность за счет уменьшения всхожести. В наших исследованиях препараты, прошедшие испытания сдерживали распространение фитопатогенов и повышали лабораторную всхожесть до 95-99 % по отношению к контролю (94 %).

Таким образом, полученные результаты наших исследований позволяют заключить, что в условиях Тамбовской области на семенах озимой пшеницы преобладал патоккомплекс микромикетов из родов *Alternaria* и *Fusarium*. Против семенной инфекции обусловленной одним возбудителем на зерновку установлен максимальный эффект от бинарной смеси протравителя Поларис 1,5 л/т с регулятором роста Эмистим 0,001 л/т, фунгицид Максим Форте при норме расхода 1,75 л/т лучше сдерживал комплексную нагрузку фитопатогенов. Полученные результаты доказывают, что борьбу с болезнями выгодно начинать еще до сева и использованный ассортимент химических препаратов, содержащий целенаправленные компоновки действующих веществ позволял стабильно или с небольшим отклонением снижать семенную инфекцию.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Лавринова В.А. Защита семян и растений – залог хорошего урожая ячменя / В.А. Лавринова // Защита и карантин растений. – 2011. - № 1. - С. 24-25.
2. Тютюрев С.Л. Роль и место физических методов обеззараживания семян / С.Л. Тютюрев // Защита и карантин растений. – 2001. - № 2. - С. 15-17.
3. Абеленцев В.И. Возможности современных протравителей семян зерновых колосовых культур // Защита и карантин растений. – 2011. - №2. - С. 19-22.
4. Порсев И.Н. Эффективность протравителей семян в ограничении корневых гнилей яровой пшеницы / Порсев И.Н., Торопова Е.Ю., Малинников А.А. // Защита и карантин растений. – 2016. - №2. - С. 24-26.
5. Торопова Е.Ю. Экологические основы защиты растений от болезней в Сибири. – Новосибирск, 2005. – С. 272.
6. Каракотов С.Д. Уникальные фунгицидные микроэмульсионные протравители семян / С.Д. Каракотов, В. И. Долженко, К.В. Желтова и др. // Материалы международной научно-практической конференции «Защита растений в современных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур». 24-26 июля 2013 г. Под общ. ред. Н.Г. Власенко. – Краснообск, 2013. – С. 141-146.
7. Лавринова В.А. Состояние популяции грибов рода *Fusarium* spp. и определение их численности в черноземных почвах / В.А. Лавринова, Т.С. Лавринова, И.М. Евсеева // методическое пособие. – Тамбов: Издательство Принт-Сервис, 2016. - С. 31.
8. Bonanomi G. Fungal diversity increases soil fungistasis and resistance to microbial invasion by a non resident species / G. Bonanomi, M. Capodilupo, G. Incerti et al // Biological control May. - 2014. Vol. 72. - P. 38-45.
9. Лавринова В.А. Будущий урожай зависит от протравливания семян / В.А. Лавринова // Защита и карантин растений. – 2012. - №9. - С. 25-26.
10. Васецкая М.Н. Биосредства для протравливания семян зерновых культур / М.Н. Васецкая, В.П. Кратенко, В.А. Лавринова // Защита и карантин растений. – 2002. - №7. - С. 20-21.

Список литературы на английском языке / References

1. Lavrinova V.A. Zashchita semyan i rastenii – zalog khoroshego urozhaya yachmenya [Protection of Seeds and Plants is Key to Good Harvest of Barley] / V.A. Lavrinova // Zashchita i karantin rasteniy [Protection and Quarantine of Plants]. – 2011. – No. 1. – P. 24-25. [in Russian]

2. Tyuterev S.L. Rol i mesto fizicheskikh metodov obezzarazhivaniya semyan [Role and Place of Physical Methods of Seed Disinfection] / S.L. Tuterev // Zashchita i karantin rasteniy [Protection and Quarantine of Plants]. – 2001. – No. 2. – P. 15-17. [in Russian]
3. Abelentsev V.I. Vozmozhnosti sovremennykh protravitelei semyan zernovykh kolosovykh kultur [Possibilities of Modern Seeds Disinfectant for Cereal Grains] // Zashchita i karantin rasteniy [Protection and Quarantine of Plants]. – 2011. – No.2. – P. 19-22. [in Russian]
4. Porsev I.N. Effektivnost protravitelei semyan v ogranichenii kornevykh gnilei yarovoi pshenitsy [Effectiveness of Seed Protectants in Limiting Root Rot of Spring Wheat] / Porsev I.N., Toropova E.Yu., Malinnikov A.A. // Zashchita i karantin rasteniy [Protection and Quarantine of Plants]. – 2016. – No.2. – P. 24-26. [in Russian]
5. Toropova E.Yu. Ekologicheskie osnovy zashchity rastenii ot boleznei v Sibiri [Ecological Basis of Plant Protection against Diseases in Siberia] – Novosibirsk, 2005. - P. 272. [in Russian]
6. Karakotov S.D. Unikalnye fungitsidnye mikroemulsionnye protraviteli semyan [Unique Fungicidal Microemulsion Seed Disinfectants] / S.D. Karakotov, V. I. Dolzhenko, K.V. Zheltova and others // Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Zashchita rasteniy v sovremennykh tekhnologiyakh vozdel'yvaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur». 24-26 iyulya 2013 g. Pod obshch. red. N.G. Vlasenko [Materials of the International Research-to-Practice Conference "Plant Protection in Modern Technologies for Cultivating Agricultural Crops." July 24-26, 2013 under general ed. by N.G. Vlasenko] – Krasnoobsk, 2013. – P. 141-146. [in Russian]
7. Lavrinova V.A. Sostoyanie populyatsii gribov roda Fusarium spp. i opredelenie ikh chislennosti v chernozemnykh pochvakh [State of Population of Fungi of Fusarium spp. Genus and Determination of their Quality in Blackearth Soils] / V.A. Lavrinova, T.S. Lavrinova, I.M. Evseeva // Methodical Manual. – Tambov: Publishing House Print-Service, 2016.-P. 31. [in Russian]
8. Bonanomi G. Fungal diversity increases soil fungistasis and resistance to microbial invasion by a non resident species / G. Bonanomi, M. Capodilupo, G. Incerti et al // Biological control May. - 2014. Vol. 72. - P. 38-45.
9. Lavrinova V.A. Budushchii urozhai zavisit ot protravlivaniya semyan [Future Harvest Depends on Seed Dressing] / V.A. Lavrinova // Zashchita i karantin rasteniy [Protection and Quarantine of Plants]. – 2012. – No.9. – P. 25-26. [in Russian]
10. Vasetskaya M.N. Biosredstva dlia protravlivaniya semyan zernovykh kultur [Bio-agents for Dressing Seeds of Grain Crops] / M.N. Vasetskaya, V.P. Kratenko, V.A. Lavrinova // Zashchita i karantin rasteniy [Protection and Quarantine of Plants]. – 2002. – No. 7. – P. 20-21. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.76.10.017>**ВЛИЯНИЕ ВОЗРАСТА НА НАРУШЕНИЯ ВОСПРОИЗВОДИТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ КОРОВ ГОЛШТИНСКОЙ ПОРОДЫ**

Научная статья

Ревина Г.Б.¹, Асташенкова Л.И.²¹ ORCID: 0000-0002-8998-2826;² ORCID: 000-0002-4564-5270,^{1,2} Сахалинский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, Южно-Сахалинск, Россия

* Корреспондирующий автор (cuznetsoff.viktor@yandex.ru)

Аннотация

В статье представлены результаты исследования воспроизводительных способностей коров с высоким уровнем молочной продуктивности за первую лактацию (5500-6000 кг) в АО «Южно-Сахалинский». Определены факторы, влияющие на получение приплода у высокопродуктивных коров. Определены случаи неблагополучных отелов (аборт, рождение мертвых телят), а также длительность сервис – периода. Выявлено снижение показателей воспроизводства на 6,63% после первой стельности. После пятого и шестого отела этот показатель увеличился до 17,64% и 16,02 %. Выявлены причины и степень нарушения репродуктивной функции по клиническим признакам и результатам ректальных исследований.

Ключевые слова: голштинская порода, возрастной состав, молочная продуктивность, воспроизводительная способность, сахалинская популяция.

INFLUENCE OF AGE ON REPRODUCTIVITY OF OF HOLSTEIN COWS

Research article

Revina G.B.¹, Astashenkova L.I.²¹ ORCID: 0000-0002-8998-2826;² ORCID: 000-0002-4564-5270,

Sakhalin Research Institute of Agriculture, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

* Corresponding author (cuznetsoff.viktor@yandex.ru)

Abstract

The paper presents the results of the study of the reproductivity of cows with a high level of milk productivity for the first lactation (5500-6000 kg) in JSC "Yuzhno-Sakhalinsky". Factors affecting the production of offspring in highly productive cows are determined in this work. The cases of unsuccessful calving (abortions, the birth of dead calves), as well as the duration of the service period are determined as well. The decrease in reproduction rates was revealed by 6.63% after the first pregnancy. After the fifth and sixth calving, this indicator increased to 17.64% and 16.02%. The causes and degree of reproductive damage due to clinical signs and the results of rectal examinations were revealed.

Keywords: Holstein breed, age composition, milk productivity, reproductive capacity, Sakhalin population.

Важным показателем эффективности селекционных, зоотехнических и ветеринарных мероприятий является эффективное воспроизводство племенных животных.

Нарушение воспроизводительной функции коров в особенности у высокопродуктивных животных составляет одну из главных проблем молочного животноводства. Без рационального воспроизводства и выращивания молодняка невозможно проводить необходимый ремонт стада. Улучшение показателей воспроизводства высокопродуктивных коров, предполагает организацию рационального кормления не только в первом периоде лактации, но и в последующих [1, С. 51-67].

Доказано, что высокопродуктивные коровы и особенно первотелки, в течение первых 3-4 месяцев лактации теряют упитанность, следовательно, и живую массу. Приведенные исследования по воспроизводству животных свидетельствуют о необходимости более эффективной системы племенной работы с учетом особенностей содержания и кормления животных в разные возрастные периоды [2, С. 67-71], [3, С. 20-23], [4, С. 107-110].

Для поддержания высокого уровня продуктивности коров, при высоком уровне питания, необходима рациональная система воспроизводства стада, которая включает в себя получение и сохранение ремонтных телок, их интенсивное выращивание и своевременное осеменение, качественную подготовку нетелей к отелу и его проведение, раздой первотелок и ремонт стада лучшими из них.

Целью данного исследования является изучение влияния возраста на показатели воспроизводства высокопродуктивных коров голштинской породы сахалинской популяции.

Материал и методы исследования

Исследования проведены в АО «Южно-Сахалинский» на чистопородных коровах голштинской породы сахалинской популяции с удоем за первую лактацию (5500-6000). Молочную продуктивность коров учитывали по результатам контрольных доек (один раз в месяц) за 305 дней лактации. Воспроизводительную функцию коров оценивали по следующим показателям: сервис- период, выход телят на 100 коров, случаи мертворождения и аборты. Учет нарушений репродуктивной функции коров проводили в зависимости от возраста, и в зависимости от гинекологических патологий. Среди гинекологических заболеваний у коров изучали следующие патологии: персистентное желтое тело яичников, гипофункция яичников, субинволюция матки и эндометрит, кисты яичников, склероз яичников, перерождение яичников. По клиническим признакам и результатам ректальных исследований

выявлены причины и степень нарушения репродуктивной функции. Полученные материалы обработаны методом математической статистики.

Результаты исследования

По данным, проводимого в течение 2017г. исследования в АО «Южно-Сахалинский» было выявлено 596 нормальных и 197 неблагополучных отелов, в том числе зарегистрировано и изучено 21 случай родильного пареза, 13 трудных родов и 123 случая задержания последа. Удельный вес отелов мертвыми телятами составил 4,4 % от количества всех отелов, случаи абортирования -1,5 %. Следовательно, от высокопродуктивных коров за срок их хозяйственного использования недополучено 5,9 % телят по причине неблагополучных отелов, что существенно ограничивает возможности их племенного использования. По данным бонитировки 2017 года продолжительность продуктивной жизни животных в сельскохозяйственных предприятиях Сахалинской области составляет 3,8 отела. Результаты анализа возрастного состава коров свидетельствуют о выбраковке из стада коров в период 1-4 отела, не достигших максимальной молочной продуктивности которая приходится на 6 лактацию.

Наряду со средними показателями, связанными с мертворождением и абортами, интерес представляет и оценка исследуемых факторов по возрастным группам коров (табл.1).

Таблица 1 – Снижение показателей воспроизводства высокопродуктивных коров в % от количества отелов

Возраст коров в отелах	n	Удой за 305 дней лактации ($\bar{x} \pm s_x$)	Доля патологий от количества отелов, %		Снижение показателей воспроизводства в % от количества отелов
			абортов	мертворожденных телят	
1	261	6306±53,1	0,51	6,12	6,63
2	174	6791±63,0	1,33	2,66	3,99
3	58	7089±107,8	5,26	10,52	15,78
4	52	7143±115,2	5,40	5,40	10,80
5	49	7512±117,0	5,88	11,76	17,64
6	21	7219±182,0	7,69	8,33	16,02

Данные таблицы 1 свидетельствуют о значительном снижении воспроизводительных способностей высокопродуктивных коров в период 5-6 лактации. В этот период жизни коров количество абортов увеличивается до 5,88 -7,69 %, количество мертворожденных телят к пятому отелу достигает максимального уровня – 11,76%. В целом общее падение воспроизводства достигает максимума к пятому отелу – 17,64 %.

В результате исследований установлено, что с увеличением уровня молочной продуктивности показатели воспроизводства снижаются от 6,63 до 17,64 %. Оценивая выход потомства от коров-матерей с разным удоем выявлено, что наибольшие потери молодняка при отеле регистрировались, если удой матерей составлял более 8500 кг за 305 дней лактации.

С целью изучения частоты встречаемости гинекологических заболеваний у коров голштинской породы в 2017 году в АО «Южно-Сахалинский» было обследовано 809 коров. Гинекологические заболевания были выявлены у 504 голов (62,3%).

В наибольшей степени у больных коров диагностировали эндометриты – 31,7%. Эта патология возникала чаще всего в случаях инфицирования, травм слизистой оболочки матки при патологических родах и задержании последа.

У 6,5% коров диагностировали субинволюцию матки. Эта патология осложняла течение послеродового периода. При этом промежуток времени от отела до стельности возрастал в 2-3 раза. Часто коровы по этой причине утрачивали способность к размножению, и при наличии сопутствующих заболеваний их приходилось выбраковывать, так как проведенное лечение было неэффективно. Субинволюция матки часто осложнялась эндометритами сальпингитами и другими воспалительными процессами в половых органах.

К бесплодию коров кроме патологических процессов в матке приводили также функциональные расстройства яичников. Количество животных с персистентным желтым телом яичников составило – 19,9%.

У 8,5 % больных коров диагностировали гипофункцию яичников, при которой нарушался рост, развитие, созревание и своевременное лопанье фолликулов. В отдельных случаях, гипофункция яичников возникала в результате патологических родов, несвоевременного запуска и физиологической старости коров.

У 16,4 % больных животных были обнаружены кисты яичников различной этиологии.

Все эти патологии органов воспроизводства значительно осложняли осеменение коров, приводили к материальным затратам на их лечение, увеличивали продолжительность сервис – периода, который составил в среднем по стаду 202 дня. В связи с тем, что всего 87 голов или 11% от стада имели сервис - период в пределах нормы 90-120 дней, плодотворное осеменение у большинства животных наступало гораздо позже физиологической нормы, что и влекло за собой недополучение приплода. В том числе и по этой причине выход телят в хозяйстве составил 74% за 2017г. При вынужденной выбраковке по причине трудных отелов и последующих осложнениях, а также яловости высокопродуктивных коров, выбыло 34,5% от общего количества выбывших из стада.

Система интенсивного воспроизводства, базируясь на высоком выходе телят на 100 коров, включает в себя: направленное выращивание ремонтных телок, полученных от высокопродуктивных коров и своевременное их осеменение. Вместе с тем это сложный процесс, который оказывает существенное влияние на технологию и экономику скотоводства.

В таблице 2 приведены данные о получении телок от высокопродуктивных коров, их сохранности и отборе на ремонт стада.

Таблица 2 – Выращено нетелей на ремонт стада в % от коров разных возрастных групп

Возраст коров-матерей в отелах	n	Удой коров-матерей за 305 дней лактации ($\bar{x} \pm s_x$)	Получено телок всего, голов	Выращено нетелей для ремонта стада, %
1	261	6306±53,1	154	77,92
2	174	6791±63,0	130	75,38
3	58	7089±107,8	33	81,81
4	52	7143±115,2	30	76,66
5	49	7512±117,0	26	69,23
6	21	7219±182,0	9	66,66
Всего	615	6730±27,1	382	71,47

Из 382 телок на ремонт стада в АО «Южно - Сахалинский» было отобрано 295 голов или 76,23 %. Анализ собранных данных показал, что наибольшее количество ремонтных телок в процентном соотношении было получено от коров третьей лактации (81,81%) при удое за 305 дней лактации – 7089 кг молока, а наименьшее от коров шестой лактации (66,66%) при удое – 7219 кг. При этом необходимо отметить, что наибольшее количество телок хозяйство получает от коров первой и второй лактации.

Проанализировав данные, полученные в ходе наших исследований, мы пришли к следующим выводам: послеродовые осложнения, гинекологические заболевания и случаи мертворождения существенно влияют на количество полученного приплода и последующее плодотворное осеменение.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Тяпугин Е.А. Теория и практика интенсификации репродуктивной активности в молочном скотоводстве / Е.А.Тяпугин // Вологда – 2008г – С. 51-67.
2. Болгов А.Е. Повышение воспроизводительной способности молочной коров / Болгов А.Е., Карманова Е.П., Хакана И.А. и др. // Петрозаводск – 2003. – С. 67-71.
3. Ревина Г.Б. Взаимосвязь молочной продуктивности и воспроизводительной способности коров сахалинской популяции голштинской породы / Г.Б. Ревина, В.М. Кузнецов // Молочное и мясное скотоводство. – 2017. – №4. – С 20-23.
4. Кузнецов В.М. Кормление голштинской породы скота в сельскохозяйственных предприятиях Сахалинской области / Кузнецов В.М. // Южно-Сахалинск – 2012. – С 107-110.
5. Кузнецов В.М. Голштинская порода скота на Сахалине / Владивосток Дальнаука. – 2011. – С 120-126.
6. Ревина Г.Б. Основные причины низкой плодовитости коров голштинской породы сахалинской популяции / Ревина Г.Б., Симонов Г.А., Тяпугин Е.А. // Эффективное животноводство, 2014. – №12 – С 37-39.
7. Ревина Г.Б. Молочная продуктивность и воспроизводительная способность коров голштинской породы сахалинской популяции / Ревина Г.Б., Кузнецов В.М., Астащенко Л.И. // Вестник Науки и творчества. Казань. – 2016 – №3 – С. 145-152.
8. Ревина Г.Б. Пути повышения продуктивных и репродуктивных качеств молочного скота на Сахалине / Сборник научных трудов международной научно-практической конференции // с. Солёное Займище, ФГБНУ «Прикаспийский НИИ аридного земледелия» 2017. – С. 1361-1364.
9. Ревина Г.Б. Взаимосвязь молочной продуктивности и воспроизводительной способности коров сахалинской популяции голштинской породы / Ревина Г.Б., Кузнецов В.М. // Молочное и мясное скотоводство. 2017, № 4. С. 20-23.
10. Тяпугин С.Е. Современная оценка племенной ценности крупного рогатого скота молочного направления продуктивности / Сулов Д.Ю., Воеводин А.В., Холев С.А. и др. // Молочное и мясное животноводство. – 2018. – №1. – С. 9-11.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Tyapugin E.A. Teoriya i praktika intensivatsii reproduktivnoy aktivnosti v molochnom skotovodstve [Theory and Practice of Intensification of Reproductive Activity in Dairy Cattle Breeding] / E.A.Tyapugin // Vologda – 2008 – P. 51-67 [in Russian]
2. Bolgov A.E. Povysheniye vosproizvoditel'noy sposobnosti molochnoy korov [Increase of Reproductivity of Dairy Cows] / Bolgov A.E., Karmanova E.P., Hakana I.A. and others // Petrozavodsk – 2003 – P. 67-71. [in Russian]
3. Revina G.B. Vzaimosvyaz' molochnoy produktivnosti i vosproizvoditel'noy sposobnosti korov sakhalinskoy populyatsii golshhtinskoy porody [Relationship Between Milk Productivity and Reproductivity of Cows of Sakhalin Population of Holstein Breed] / G.B. Revina, V.M. Kuznetsov // Molochnoye i myasnoye skotovodstvo [Dairy and meat cattle breeding] / 2017. – No.4. – P. 20-23. [in Russian]
4. Kuznetsov V.M. Kormleniye golshtinskoy porody skota v sel'skokhozyaystvennykh predpriyatiyakh Sakhalinskoy oblasti [Feeding Holstein Breed of Livestock in Agricultural Enterprises of Sakhalin Region] / Kuznetsov V.M. // Yuzhno-Sakhalinsk -2012. – P. 107-110. [in Russian]
5. Kuznetsov V.M. Golshtinskaya poroda skota na Sakhaline [Holstein Breed of Cattle on Sakhalin] / Vladivostok. Dalnauka. – 2011. – P. 120-126 [in Russian]
6. Revina G.B. Osnovnyye prichiny nizkoy plodovitosti korov golshtinskoy porody sakhalinskoy populyatsii [Main Reasons for Low Fertility of Holstein Cows of Sakhalin Population] / Revina G.B., Simonov G.A., Tyapugin EA // Effektivnoye zhivotnovodstvo [Effective livestock] 2014 – No.12 – P. 37-39 [in Russian]

7. Revina G.B. Molochnaya produktivnost' i vosproizvoditel'naya sposobnost' korov golshtinskoj porody sakhalinskoj populyatsii [Milk Productivity and Reproductivity of Holstein Cows of Sakhalin Population] / Revina G.B., Kuznetsov V.M., Astashenkova L.I. / Vestnik Nauki i tvorchestva. Kazan' [Bulletin of Science and Creativity]. Kazan – 2016 – No.3 – P. 145-152 [in Russian]

8. Revina G.B. Puti povysheniya produktivnykh i reproduktivnykh kachestv molochного skota na Sakhaline [Ways to Improve Productivity and Reproductivity of Dairy Cattle on Sakhalin] / Sbornik nauchnykh trudov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii [Collection of scientific papers of the international scientific and practical conference] // vil. Solionnoye Zaimishche, FSBSI Prikaspiyskiy Research Institute of Arid Agriculture, 2017 p.1361-1364 [in Russian]

9. Revina G.B. Vzaimosvyaz' molochnoy produktivnosti i vosproizvoditel'noy sposobnosti korov sakhalinskoj populyatsii golshtinskoj porody [Interrelation of Milk Productivity and Reproductivity of Cows of Sakhalin Population of Holstein breed] / Revina G.B., Kuznetsov V.M. // Molochnoye i myasnoye skotovodstvo [Milk and meat cattle] – 2017, No. 4. P. 20-23 [in Russian]

10. Tyapugin S.E. Sovremennaya otsenka plemennoy tsennosti krupnogo rogatogo skota molochного napravleniya produktivnosti [Modern Assessment of Breeding Value of Cattle of Dairy Direction of Productivity] / Suslov D.Yu., Voevodin A.V., Kholev S.A. and others // Molochnoye i myasnoye zhivotnovodstvo [Dairy and Meat Cattle Breeding] – 2018 – No.1 – P. 9-11. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.76.10.018>

ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ СОЗДАНИЯ БОЛЕЕ ПРОДУКТИВНЫХ САЖЕНЦЕВ ОРЕХА ГРЕЦКОГО ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ ЮГА РОССИИ

(перевод оригинальной публикации)

Научная статья

Потанин Д.В.¹, Судак А.С.^{2,*}

¹ ORCID: 0000-0003-3724-8758;

² ORCID: 0000-0003-3592-3430,

^{1,2} Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Россия

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

Аннотация

Перевод оригинальной публикации Потанин Д. В. Examine the feasibility of a more productive walnut seedlings walnut for industrial plants south / Д. В. Потанин, А. С. Судак // Международный научно-исследовательский журнал. — 2018. — № 9 (75) Часть 2. — С. 38–40.

В статье приведены теоретические обоснования введения в культуру привитого посадочного материала ореха грецкого. На данном этапе распространение этой культуры в производстве ограничивается отсутствием технологии выращивания привитого посадочного материала. В статье обосновано и подкреплено расчетами использование в качестве маточных деревьев для выращивания подвоя ореха черного – насаждений, располагающихся в парковых зонах городских поселений.

Ключевые слова: Ореховодство, орех грецкий, орех черный, маточные деревья.

EXAMINE THE FEASIBILITY OF A MORE PRODUCTIVE WALNUT SEEDLINGS WALNUT FOR INDUSTRIAL PLANTS SOUTH

(translation of the original publication)

Research article

Potantin D.V.¹, Sudak A.S.^{2,*}

¹ ORCID: 0000-0003-3724-8758;

² ORCID: 0000-0003-3592-3430,

^{1,2} V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia

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

Abstract

Translation of the original publication Potantin D.V. Examine the feasibility of a more productive walnut seedlings walnut for industrial plants south / Potantin D.V., Sudak A.S. // Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal [International Research Journal]. — 2018. — № 9 (75) Part 2. — P. 38–40.

The article presents theoretical grounds for introducing the grafted walnut seed material into the culture. At this stage, the spread of this crop in production is limited by the lack of technology for growing grafted planting material. In this connection, there is a need to introduce this technology into production. The article substantiates and is supported by calculations using as a fallopian tree for the cultivation of the walnut root of black – plantations located in the park zones of urban settlements.

Keywords: Walnut, walnut, juglans nigra, the mother trees.

На современном этапе развития ореховодства для южной сельскохозяйственной зоны России есть существенные проблемы, связанные с закладкой промышленных насаждений ореха грецкого. Главной среди них является нехватка качественного привитого посадочного материала этой культуры [10].

Деревья, выращенные из семян, практически не наследуют признаки исходных материнских форм, а культура привитого ореховодства пока ещё не стала традиционной для отечественного ореховодства [1]. Кроме этого,

существующие насаждения в силу снижения своего продуктивного возраста перестали обеспечивать гарантированное производство орехов. Для закладки новых насаждений ореха грецкого интенсивного типа [9] зачастую приходится приобретать дорогостоящий посадочный материал за рубежом. При этом, как правило, не учитываются особенности поведения предлагаемых иностранными питомниками сортов в местных условиях. Наиболее оптимальный вариант возобновления насаждений ореха в южных зонах Российской Федерации, это обеспечение местного производства саженцев.

При создании производства саженцев грецкого ореха может также возникнуть проблема с производством подвойного материала. Одним из самых перспективных подвоев для ореха грецкого является орех чёрный [2]. Маточно-семенной сад этого ореха предполагает занятие под него больших площадей. Как следствие - не рациональное использование сельскохозяйственных территорий. Вместо этого планируется высадка саженцев в качестве городских насаждений, на аллеях, в скверах и т. п. [7] Такое решение позволит получать плоды ореха черного, подходящие для выращивания подвоя при создании саженцев ореха грецкого.

Цели исследований

1. Определить необходимое количество привитого посадочного материала для закладки промышленных насаждений ореха грецкого в России таких площадей, чтобы довести это количество до оптимальных способных удовлетворить потребность россиян в орехах.

2. Определить количество маточных деревьев ореха черного, необходимых для обеспечения питомников, занимающихся выращиванием саженцев ореха грецкого.

3. Подсчитать площадь маточных насаждений ореха черного, которую можно сэкономить при использовании деревьев в городских посадках.

Результаты исследований

Для определения площадей под орехом грецким, необходимых для развития отрасли ореховодства, следует рассчитать потребность жителей России в орехах. По состоянию на 1 января 2018 года численность населения России составляет свыше 146 млн. человек [3]. В ведущих странах-орехопроизводителях норма потребления грецкого ореха на человека в год составляет около 7,0 кг.

Если в расчётах применить нормы потребления к нашей стране, то годовая потребность жителей России в грецких орехах составит:

$$146\,880\,432 \text{ человек} \cdot 7 \text{ кг} = 1\,028\,163 \text{ тонны.}$$

Современные промышленные насаждения ореха грецкого способны давать урожай в пределах 1,4 тонны орехов с гектара [5]. Следовательно, чтоб ежегодно удовлетворять потребность населения необходимо иметь площади продуктивных насаждений в пределах:

$$1\,028\,163,0 \text{ т} \div 1,4 \text{ т/га} = 734,4 \text{ тыс. га}$$

Находим количественную потребность в привитом посадочном материале. Для этого находим площадь питания исходя из стандартной схемы посадки 8х6 м [4 с. 18–30.] :

$$10000 \text{ (м}^2\text{/га)} \div 48 \text{ (м}^2\text{/дерево)} = 208 \text{ дерева/га.}$$

Однако насаждения нуждаются в своевременном обновлении. Продолжительность жизни садов, которые могут давать оптимально высокий урожай, составляет 25 лет. [8, 86с.] Через этот промежуток времени они должны раскорчёвываться для закладки новых. Для своевременного восполнения насаждений, утративших свою продуктивность, необходимо провести предварительный расчет объема маточных насаждений. Определим, сколько потребуется саженцев, необходимых для закладки насаждений на площадях, способных удовлетворить потребность России в орехе грецком:

$$734,4 \text{ тыс.га} \cdot 208 \text{ саженца/га} = 152\,755 \text{ тыс. шт.}$$

После чего делим это количество на период эксплуатации насаждений:

$$152\,755 \text{ тыс. шт. саженцев} \div 25 \text{ лет} = 6110 \text{ тыс. шт.}$$

Это количество одновременно является и показателем продуктивности питомников, производящих саженцы привитого ореха грецкого.

Современная технология производства саженцев, путем зимней прививки, позволяет получить до 50% от общего числа производимых саженцев. Следовательно, для удовлетворения ежегодной потребности садоводов питомникам необходимо производить:

$$\frac{6110 \text{ тыс. шт. саженцев}}{50\% \text{ выхода прививок}} \cdot 100(\%) = 12220 \text{ тыс. шт. прививок}$$

Учитывая то, что всхожесть семян ореха чёрного составляет в пределах 75%, находим количество сеянцев, которые необходимо получить для производства потребного подвойного материала:

$$\frac{12220 \text{ тыс. шт. подвоев}}{75\% \text{ всхожести орехов}} \cdot 100(\%) = 16293 \text{ тыс. шт. орехов подвоя.}$$

Насаждения ореха грецкого могут в основном выращиваться в южных регионах нашей страны, где уровень вовлечённости территории и так превышает экологически безопасные нормативы. Зачастую распаханность земель превышает 80% [6]. Если промышленные насаждения орехов садоводы смогут успешно разместить в виде самих продуктивных садов или в качестве ветрозащитных лесополос, то навряд ли насаждения маточно-семенных садов будут размещаться питомниководческими хозяйствами. Это, следует отметить, также является в некоторой степени ограничивающим фактором развития производства привитой культуры ореха.

Наше предложение заключается в том, что можно в качестве подвоя использовать сеянцы ореха чёрного, который для потребления практически не получил распространения, однако отличается высокой декоративностью и используется в ландшафтном строительстве лесопарковых и парковых зонах городских и сельских поселений. В случае если маточные насаждения ореха чёрного разместить в населённых пунктах, то они будут выполнять функцию облагораживания территории, а орехи, получаемые с этих деревьев, могут использоваться питомниководческими

хозяйствами для закладки школок сеянцев для последующего производства саженцев привитого ореха. Это позволит интегрировать городские территории в сельскохозяйственное производство без ущерба для каждой из сторон. Поскольку экологическая чистота производимых орехов для производства сеянцев не является ограничивающим фактором, то такое предложение является весьма важным с точки зрения как садоводов, питомниководов, так и городских поселений. Ведь не прижившиеся прививки могут в дальнейшем использоваться для выращивания деревьев непосредственно ореха чёрного и на договорной основе передаваться для озеленения городов, которые и поставляют данный семенной материал.

Если планируется получать плоды от ореха черного в городских посадках необходимо учитывать, что такие факторы как выхлопные газы, в том числе угарный, пыль, препятствуют фотосинтезу и лимитируют урожайность этого дерева. Так, экспериментальным путём установлено в зоне г. Симферополя, что полновозрастные деревья ореха черного в городе могут производить среднестатистически в пределах 600 орехов в год.

На основе этих данных, рассчитаем потребность маточных деревьев для получения необходимого количества орехов черных:

$$\frac{16293 \text{ тыс. шт. орехов для посева}}{600 \text{ орехов с дерева}} = 27155 \text{ маточных деревьев}$$

Для того чтобы рассчитать площадь под данное количество маточных деревьев, необходимо данное количество деревьев разделить на максимально возможное при стандартной схеме посадки.

$$\frac{27155 \text{ дерева}}{208 \text{ дерева/га}} = 130.5 \text{ га}$$

Выводы:

1. Учитывая, что объём производства грецкого ореха в России и Крыму не велик, не стоит опасаться угрозы перепроизводства. Также это будет способствовать развитию местного производства, направленного на политику импортозамещения.

2. Для удовлетворения потребности населения России в орехах необходимо иметь общие площади садов в пределах 734,4 тыс. га и ежегодно производить не менее 6,11 млн. шт. саженцев.

3. Используя городские насаждения ореха черного в качестве маточников для выращивания семенного материала, можно значительно оптимизировать использование территории. Следовательно мы сможем избежать нерационального использования 130.5 га сельскохозяйственных земель.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Луговской А.П. Размножение грецкого ореха (рекомендации) (под. ред. Луговского А.П.) СКЗНИИ Садоводства и виноградарства — Краснодар, 1982 - 17с.
2. Алентьев П. Н. Орех Черный в республике Адыгея.: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.01 Алентьев Павел Николаевич. – Майкоп, 2000. – 160 с.
3. Федеральная служба Государственной статистики [Электронный ресурс] URL: <http://www.statdata.ru/russia>
4. Драгавцева И.А. Важнейшие аспекты и методологические основы концепции развития южного садоводства до 2025 года / Смольякова В.М., Теренько Г.Н., Хвостова И.В. и др. / Труды СКЗНИИСиВ: Организационно-экономический механизм инновационного процесса и приоритетные проблемы научного обеспечения развития отрасли. Материалы научно- производственной конференции СКЗНИИСиВ. Краснодар, 2003. с. 18–30.
5. Жадан В.М. Основные итоги исследований и перспективы промышленной культуры грецкого ореха и фундука в Молдавии и на юге Украины [Электронный ресурс] URL: <http://www.orehi.net.ua/content/view/35/1/> (дата обращения: 15.06.18)
6. Соколов А.А. Показатель эффективности использования биопотенциала в степной зоне России. / Соколов А.А. // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. - 2016, - с. 161.
7. Шехмирзова М.Д. Культуры ореха черного в долине реки кубань и ее притоков / Шехмирзова М.Д., Бельмехов Р.Д. // доклады участников семинара «Экологические проблемы современности»: Майкоп – 2009.
8. Ибрагимов З.А. Грецкий орех (*Juglans regia* L.) / Ибрагимов З.А. // биология, экология, распространение и выращивание. Баку, 2007 - с. 86
9. Государственный реестр селекционных достижений допущенных к использованию. Сорта растений (Официальное издание) / МСХ РФ ФГУ «Госкомиссия РФ по сортоиспытанию и охране селекционных достижений». – М., 2007. – С. 140.
10. Егоров Е.А. Интенсивные технологии возделывания плодовых культур: Монография (научное издание) / Е.А. Егоров, И.А. Драгавцева, Е.В. Луценко и др. – Краснодар: ТУ КубГТУ, 2004. 394 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Lugovskoy A.P. Razmnzheniye gretskogo orekha (rekomentatsii) [Reproduction of walnut (recommendation)] / Ed. by Lugovskoy A.P.) ASRI of horticulture and viticulture – Krasnodar, 1982 – 17p. [In Russian]
2. Alentiev P.N. Orekh Chernyy v respublike Adygeya [Black Walnut in the Republic of Adygea] // Thesis of PhD in Agriculture: 06.03.01 Alentev Pavel Nikolaevich. – Maykop, 2000. – 160 p. [In Russian]
3. Federal State Statistics Service [Electronic resource] URL: <http://www.statdata.ru/russia> [In Russian]
4. Dragavtseva I.A. Vazhneyshiye aspekty i metodologicheskiye osnovy kontseptsii razvitiya yuzhnogo sadovodstva do 2025 goda [Most Important Aspects and Methodological Foundations of Concept of Development of Southern Gardening until 2025] / Smolyakova V.M., Terenko G.N., Khvostova I.V. et al. / Trudy SKZNIISiV: Organizatsionno-ekonomicheskii

mekhanizm innovatsionnogo protsessa i prioritnyye problemy nauchnogo obespecheniya razvitiya otrasli. Materialy nauchno- proizvodstvennoy konferentsii SKZNIISIV [Proceedings of ASRIH&V: Organizational and economic mechanism of the innovation process and the priority problems of scientific support for the development of the industry. Materials of the scientific and production conference of ASRIH&V]. Krasnodar, 2003. P. 18–30. [In Russian]

5. Zhadan V.M. Osnovnyye itogi issledovaniy i perspektivy promyshlennoy kul'tury gretskogo orekha i funduka v Moldavii i na yuge Ukrainy [Main Results of Research and Prospects of Industrial Culture of Walnut and Hazelnuts in Moldova and in South of Ukraine] [Electronic resource] URL: <http://www.orehi.net.ua/content/view/35/1/> (Accessed: 15.06.18) [In Russian]

6. Sokolov A.A. [Effectiveness Indicator of Biopotential Usage in Steppe Zone of Russia] / Sokolov A.A. // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Proceedings of the Orenburg State Agrarian University] – 2016, – P. 161. [In Russian]

7. Shekhmirzova M.D. Kul'tury orekha chernogo v doline reki kuban' i yeye pritokov [Black Walnut Cultures in Valley of Kuban River and Its Tributaries] / Shekhmirzova M.D., Belmekhov R.D. // Reports of the participants of the “Ecological problems of the present” seminar: Maykop – 2009. [In Russian]

8. Ibragimov Z.A. Gretskey Orekh (Juglansregia L.) [Walnut (Juglansregia L.)] / Z.A. Ibragimov // Biologiya, ekologiya, rasprostraneniye i vyrashchivaniye [Biology, ecology, distribution and cultivation]. Baku, 2007 – P. 86 [In Russian]

9. Gosudarstvennyy reyestr selektsionnykh dostizheniy dopushchennykh k ispol'zovaniyu. Sorta rasteniy (Ofitsial'noye izdaniye) [State Register of Breeding Achievements Approved for Use. Plant Varieties (Official Edition)] / Ministry of Agriculture of the Russian Federation FGU "The State Commission of the Russian Federation for Variety Testing and Protection of Breeding Achievements". - M., 2007. – P. 140. [In Russian]

11. Yegorov E.A. Intensivnyye tekhnologii vozdeleyvaniya plodovykh kul'tur: Monografiya (nauchnoye izdaniye) [Intensive Technologies for Cultivation of Fruit Crops: Monograph (scientific publication)] / Ye.A. Egorov, I.A. Drahavtseva, E.V. Lutsenko et al. – Krasnodar: TU KubGTU, 2004. 394 p. [In Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.76.10.019>

ИСКУССТВЕННОЕ ВОСПРОИЗВОДСТВО АБОРИГЕННЫХ ПРОМЫСЛОВЫХ РЫБ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ ПОСРЕДСТВОМ МОБИЛЬНОГО ИНКУБАТОРА

Научная статья

Туменов А.Н.¹, Сариев Б.Т.², Джапаров Р.Р.³, Шадьяров Т.М.⁴, Бакиев С.С.^{5,*}

^{1, 2, 3, 4, 5} Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана, Уральск, Казахстан

* Корреспондирующий автор (serik_2595[at]mail.ru)

Аннотация

В связи с сокращением рыбных ресурсов водоемов, применяются различные биотехники по воспроизводству рыб. Одним из основополагающих аспектов при искусственном воспроизводстве и пополнении численности сокращающихся популяций рыб является воздействие на экологическую ситуацию того или иного водоема, а также уменьшение антропогенного влияния на среду обитания рыб.

В статье представлены результаты исследований по искусственному воспроизводству аборигенных промысловых рыб в полевых условиях посредством разработанного мобильного инкубатора. Представлена рациональная структурно-технологическая схема мобильного инкубатора по воспроизводству аборигенных видов рыб с применением инкубационных аппаратов. Получены результаты искусственного оплодотворения икры аборигенных промысловых рыб, определены процент оплодотворения и выход предличинки.

Ключевые слова: водоем, рыбные ресурсы, мобильный инкубатор, воспроизводство рыб, аборигенные промысловые рыбы.

ARTIFICIAL BREEDING OF NATIVE COMMERCIAL FISH IN FIELD CONDITIONS BY MOBILE INCUBATOR

Research article

Tumenov A.N.¹, Sariev B.T.², Dzhaparov R.R.³, Shadyarov T.M.⁴, Bakiev S.S.^{5,*}

^{1, 2, 3, 4, 5} Zhangir Khan West Kazakhstan Agrarian-Technical University, Uralsk, Republic of Kazakhstan

* Correspondent author (serik_2595[at]mail.ru)

Abstract

Due to the reduction of fish resources in reservoirs, various biotechnics is used to breed fish. One of the fundamental aspects in the artificial breeding and replenishment of the decreasing number of fish populations is the impact on the ecological situation of a particular water body, as well as the reduction of anthropogenic influence on the habitat of fish.

The article presents the results of research on artificial breeding of native commercial fish under field conditions using a developed mobile hatchery. A rational structural and technological scheme of a mobile hatchery for the breeding of native fish species with the use of incubators is presented. The results of artificial insemination of caviar of native commercial fish were obtained, the percentage of fertilization and the number of sac fry were determined.

Keywords: water reservoir, fish resources, mobile incubator, fish breeding, native commercial fish.

Истощение биологических ресурсов водоема, а именно рыбных, негативно сказывается на экосистеме всего водоема, так как рыбы являются основополагающим звеном в пищевой цепи и круговороте веществ их среды обитания [1, С. 266]. Основными причинами сокращения рыбных ресурсов являются, экологические факторы, а также антропогенное влияние в целом [2, С. 5], [3, С. 22]. Поэтому для восполнения сокращающихся численности популяций рыб искусственное воспроизводство приобретает все больший интерес в экологическом и экономическом плане.

Во многих рыбохозяйственных водоемах зачастую недостаточное количество производителей приводит к уменьшению уровня самовоспроизводительной способности. В связи с этим для восполнения численности популяций различных видов рыб необходимо применять искусственное воспроизводство, как в естественных, так и в искусственных условиях.

В современной аквакультуре одной из важнейших задач является разработка и совершенствование биотехники искусственного воспроизводства. Формирование ремонтно-маточного стада, способного воспроизвести рыбопосадочный материал для восполнения численности рыб [4, С. 72], [5, С. 61].

Перспективным направлением по зарыблению рек является разработка биотехники воспроизводства аборигенных видов рыб обитающих в естественной среде с применением передвижного мобильного инкубатория, позволяющего в отдаленных естественных водоемах производить искусственное размножение данных видов рыб.

Исследования проводились в старицах реки Урал в Акжайском районе Западно-Казахстанской области в рамках программы грантового финансирования Комитета науки МОН РК по теме ИРН AP05134862 «Разработка мобильного инкубатория и биотехники воспроизводства аборигенных промысловых видов рыб», объект исследования – мобильный инкубатор и производители сазана Урало-Каспийской популяции.

Для проведения инкубации оплодотворенной икры аборигенных промысловых рыб использовался разработанный мобильный инкубатор.

Для отлова рыб применялись ставные сети размерами ячей от 70 до 90 мм. Отлов производился в весенний период во время нерестового хода производителей сазана. Отловленных производителей отсаживали в садки, помещенные в естественный водоем, разделяя по половой принадлежности. Температура воды при выдерживании в садках находилась в пределах 20-22°C. Определение рыбоводно-биологических показателей производителей проводили в соответствии руководством [6, С. 17]. Гипофизарные инъекции проводили в соответствии с рекомендациями [7, С. 7], [8, С. 105], [9, С. 68], [10, С. 2]. В качестве предварительной и разрешающей инъекции применяли раствор ацетонированных гипофизов сазана с периодичность в 12 часов. В соответствии с готовностью производителей к нересту проводили прижизненный отбор проб. В первую очередь получали половые продукты от самок, затем от самцов. Полученную сперму отбирали в просушенные стеклянные пробирки. Затем полученные половые продукты смешивали, проводя осеменения. Для активации сперматозоидов использовалась вода с естественного водоема. После проведения искусственного оплодотворения, для обесклеивания икры использовали нежирное молоко концентрации 0,3 л на 5 л воды. Последующую инкубацию икры проводили на аппарате «Вейса», в течении всего периода инкубации следили за температурным и кислородным режимами, значения которых находились в пределах 20-22°C, значение кислорода от 5 до 7 мг/л.

Нами разработана рациональная структурно-технологическая схема мобильного инкубатория по воспроизводству аборигенных видов рыб с применением инкубационных аппаратов (рис. 1).

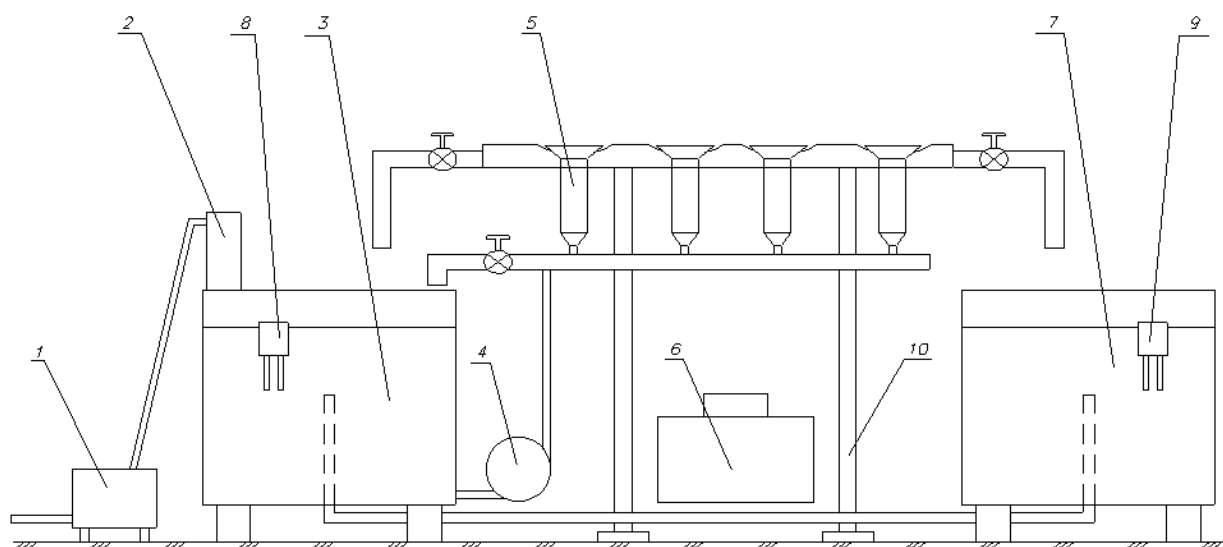


Рис. 1 – Рациональная структурно-технологическая схема мобильного инкубатория по воспроизводству аборигенных видов рыб с применением инкубационных аппаратов:

Примечание: мобильный инкубаторий включает в себя следующее оборудование: насос (1), фильтр тонкой очистки (2), бассейны для воды (3) и мальков (7), насос центробежный (4), сосуды стеклянные (5), электрогенератор (6), терморегуляторы (8 и 9), раму-каркас стойки (10)

Бассейны выполнены из полимерного материала и соединены между собой по дну полипропиленовыми трубами. Материал, используемый для изготовления рамы – стойки - металлические трубы. Стеклянные инкубационные сосуды установлены в раме - стойке, имеющей два гнезда, одно из которых удерживает нижнюю часть, а другое - среднюю часть сосуда, причем инкубационные сосуды установлены в строго вертикальном положении. Вода к инкубационным

сосудам подается центробежным насосом по распределительной полипропиленовой трубе. Сброс воды из инкубационных сосудов происходит через сливной носик, сделанный в железном обруче, обтягивающем верхний край сосуда и установленный другим концом, в прорези, выполненные в сливной трубе. В сливной трубе установлены два шаровых крана для регулирования подачи воды в бассейны. Напор воды в инкубационных сосудах регулируется шаровым краном, установленным на распределительной трубе над бассейном. Терморегулирующие элементы установлены в бассейнах и находятся на поверхности воды при помощи пенопласты.

В зависимости от этапа инкубации икры, мобильный инкубаторий работает в одном из двух режимов (рис. 2):



Рис. 2 – Расположение оборудования мобильного инкубатория

1. Режим инкубации икры до выклева личинок. При данном режиме шаровой кран, установленный на сливной трубе над бассейном для мальков, находится в закрытом, а над бассейном для воды в открытом положении.

Вода насосом (помпой) 1 из водоема по полимерным шлангам поступает через фильтр тонкой очистки 2 в бассейн для воды, где происходит ее подогрев терморегулирующими элементами. Из бассейна вода подается центробежным насосом через распределительную трубу в инкубационные сосуды 5 с икрой. Поток воды поднимает вверх помещенную в инкубационные сосуды икру и в верхней части сосуда напор ослабевает, вследствие чего икринки начинают постепенно опускаться, где подхватываются струями воды и вновь вовлекаются вверх. Так на протяжении всего периода инкубации икра находится во взвешенном состоянии. Сброс воды из инкубационных сосудов происходит через сливной носик в железном обруче, откуда она по сливной трубе через открытый кран поступает в бассейн для воды. После чего цикл постоянно повторяется до появления личинок.

2. При работе мобильного инкубатория в режиме выклева личинок шаровой кран на сливной трубе в бассейн находится в закрытом положении. Шаровой кран в бассейн для мальков - в открытом положении. На трубе соединяющей два бассейна устанавливается металлическая сетка для предотвращения перемещения личинок из емкости для мальков. При данном режиме напор воды в системе увеличивается. Выклюнувшиеся личинки током воды выносятся из инкубационных сосудов в сливную трубу и по ней через открытый кран попадают в бассейн для мальков. Цикл водообмена продолжается до полного выклева личинок и поступления их в бассейн.

По степени зрелости гонад у большинства производителей 80%, соответствует IV завершённой СЗГ и подфазе Е2. Эти показатели были достигнуты благодаря тому, что производители были отловлены во время нерестового хода, а так же к этому способствовало преднерестовое выдерживание производителей в садках при оптимальных условиях.

Для стимулирования производителей сазана самкам в зависимости от массы тела два раза с интервалом 12 часов делали инъекцию гипофизарным препаратом, а самцам один раз во время проведения самкам второй инъекции.

Половые продукты от текущих производителей, находящихся на пятой стадии зрелости получали в затененном месте, так как прямой солнечный свет губительно действует на икру и сперму. Икру собирали в пластиковые тазы. Посуда была досуха, протерта и обсушена в сушильном шкафу, так как во влажной среде происходит активация икры, что легко обнаружить по ее набуханию. Это препятствует оплодотворению и значительно снижает количество развивающейся икры.

Основная часть самок 70% дали икру с задержкой 2-4 часа от намеченного времени, у 10% самок время созревания растянулось на 4-6 часов, 20 % самок вообще не дали икры. В целом 80% самок отдали икру. Самцы дали свой половые продукты в намеченное время, объем эякулята варьировалось в зависимости от возраста и массы в пределах 1,5-4 мл (рис. 3). При визуальной оценке окраска спермы колебалась от желто-кремового до бледно-молочного цвета. По пятибалльной шкале Персова сперму самцов можно было оценить на 3-4 баллов, время движения сперматозоидов 20-25 с.



Рис. 3 – Взятие спермы у самцов сазана

Отцеживание икры происходило быстро. В ходе визуальной оценки овулировавшей неоплодотворенной икры были обнаружены следующие характерные признаки: окраска – светло-желтая, консистенция – густая, овариальной жидкости – мало (рис. 4).

Индивидуальная рабочая плодовитость производителей в среднем составило 395,62 тыс. штук, относительная рабочая плодовитость 66,0 тыс. штук.



Рис. 4 – Отцеживание икры у самки сазана

Икра каждой самки осеменялась спермой 3-6 самцов, имеющей оценку по шкале Перцова в 3 и 4 баллов. Икру тщательно и осторожно перемешивали с разведенной спермой птичьим пером (гусиным) в течение 2 минут. После этого воду с остатками спермы слили, промыли икру водой и приступили к следующему этапу. Обесклеивающую суспензию готовили в 3 вариантах: I - на 10л воды добавили тальк – 150-200г; II – на 10 л воды молоко сухое – 200-250г; III – на 10 л воды молоко обезжиренное 1,5% - 2л. В результате эксперимента установили, что обесклеивание происходит лучше при использовании обезжиренного молока в вертикальных аппаратах Вейса при энергичном барботаже в течение 55-60 минут.

Биологический анализ производителей приведен в табл. 1.

Таблица 1 – Биологическая характеристика производителей сазана в нерестовой кампании 2018 года

№п/п	Параметры производителей	Самки сазана	Самцы сазана
1	2	3	4
1	Количество рыб, n	22	25
2	Возраст рыб	5 -8	4,6
1	2	3	4
3	Масса Р, кг	3,86±0,28	3,57±0,29
4	Длина L, см	66,4±2,16	64,8±1,44
8	Коэффициент упитанности Кф	1,31±0,05	1,3±0,08
9	Рабочая плодовитость, тыс. штук	395,62±76,55	-
10	Относительная рабочая плодовитость, тыс. штук	66,0±8,6	-
11	Оплодотворение, %	70	-
12	Нормально развивающиеся эмбрионы, %	85	-
13	Выход предличинок, %	75	-

Анализ табл. 1 показывает, что возраст производителей колеблется от 4 до 8, средняя масса самок - 3,86±0,28кг, самцов - 3,57±0,29 кг, рабочая плодовитость самок составила 395,62±76,55 тысяч штук, относительная рабочая плодовитость 66,0±8,6 тысяч штук.

Анализ эмбрионального развития показал что, оплодотворение составило 70%, в среднем процент нормально развивающихся эмбрионов составил 85%. В отдельных случаях, регистрировались такие аномалии развития как нарушения дробления и появления уродливых бластомеров, неравномерная сегментация тела и искривления позвоночника.

Вылупление личинок произошло при длине 2,2-2,5 мм и массе 0,2-0,3 мг с большим желточным мешком. Голова плотно прижата к желточному мешку, ротовой аппарат не развит. При осмотре с помощью микроскопа у эмбриона можно увидеть сердце, передний мозг, эпифиз, средней мозг, зачаточный мозжечок, продолговатый мозг, обонятельная капсула, слуховой пузырек.

Данный мобильный инкубаторий является разборным и прост в изготовлении. В нерестовый период его можно легко собрать, провести необходимые работы по воспроизводству нескольких видов аборигенных рыб и по завершению сезона – разобрать.

Разработанный мобильный инкубаторий позволит без больших затрат эффективно восполнять запасы промысловых рыб естественных водоемов и сохранить экологический баланс водоема.

Таким образом, для целей искусственного воспроизводства использовали половые продукты полученные от 22 самок и 25 самцов сазана отловленных при помощи ставных сетей. При проведении искусственного оплодотворения икры аборигенных промысловых рыб процент оплодотворения составил 70%, выход предличинок составил 75%. После получения половых продуктов от аборигенных промысловых рыб произвели выпуск в естественную среду обитания (водоем), тем самым минимизируя ущерб экологии. А также использование мобильного инкубатория в целях воспроизводства аборигенных промысловых рыб сокращает затраты связанные с транспортировкой производителей и риска отхода производителей при транспортировке до рыбоводного завода.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Реймерс Н.Ф. Экология. Теории, законы, правила, принципы и гипотезы / Н.Ф. Реймерс. - М.: Россия молодая, 1994. - 367 с.
2. Дгебаудзе Ю.Ю. Экологические закономерности изменчивости роста рыб / Ю.Ю. Дгебаудзе. -М.: Наука, 2001. - 276 с.
3. Богерук А.К. Биотехнологии в аквакультуре: теория и практика / А.К. Богерук. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2006. – 232 с.
4. Матишов Г. Г. Комплексные технологии интенсивного выращивания осетровых рыб / Г. Г. Матишов, Е. Н. Пономарева // Тепловодная аквакультура и биологическая продуктивность водоемов аридного климата : междунар. симпоз. – Астрахань : Изд-во АГТУ, 2007. – С. 71–73.
5. Залепухин В.В. Актуальность оценки качества производителей рыб в современных условиях / В.В. Залепухин // Вестник ВолГУ. Серия 11. 2011. № 1 (1). - С. 60-66.
6. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных) Четвертое издание переработанное и дополненное / И.Ф. Правдин. - Издательство «Пищевая промышленность» Москва 1966 г. - 372 с.
7. Гербильский Н.Л. Метод гипофизарных инъекций и его роль в рыбоводстве. Гормональная стимуляция полового цикла рыб в связи с задачами воспроизводства рыбных запасов / Н.Л. Гербильский // Труды ВНИРО. – Т. 111. – Л.: Наука, 1975. С. 7 – 22.
8. Залепухин В. В. Физиолого-биохимическая картина крови карповых рыб в процессе получения икры после экзогенного стимулирования созревания / В. В. Залепухин // Вестник АГТУ. 2005. № 3 (26), - С. 104- 111.

9. Курапова Т.М. Примерные схемы проведения нерестовой кампании на ОАО «Рыбхоз Волма» в Республике Беларусь / Т.М. Курапова, Е.И. Хрусталева, К.А. Молчанова и др. // Научные ведомости, Серия Естественные науки. 2015. № 9 (206). Выпуск 31, - С. 66- 72.

10. Булавин Е.Ф. Сравнительная рыбоводно-биологическая характеристика развития икры и личинок сазана и карпа при заводском воспроизводстве [Электронный ресурс] / Е.Ф. Булавин // Universum: Химия и биология: электрон. научн. журн. 2017. № 5(35). URL: <http://7universum.com/ru/nature/archive/item/4759>

Список литературы на английском языке / References in English

1. Rejmers N.F. Ekologiya. Teorii, zakony, pravila, principy i gipotezy [Ecology. Theories, laws, rules, principles and hypotheses] / N.F. Rejmers. - М.: Rossiya molodaya, 1994. - 367 p. [in Russian]

2. Dgebaudze Yu.Yu. Ekologicheskie zakonomernosti izmenchivosti rosta ryb [Ecological regularities of fish growth variability] / Yu.Yu. Dgebaudze. -М.: Nauka, 2001. - 276 p. [in Russian]

3. Bogeruk A.K. Biotehnologii v akvakul'ture: teoriya i praktika [Biotechnology in aquaculture: theory and practice] / A.K. Bogeruk. - М.: FGNU «Rosinformagrotekh», 2006. - 232 p. [in Russian]

4. Matishov G. G. Kompleksnye tekhnologii intensivnogo vyrashchivaniya osetrovyyh ryb [Complex technologies of intensive cultivation of sturgeon fishes] / G. G. Matishov, E. N. Ponomareva // Teplovodnaya akvakul'tura i biologicheskaya produktivnost' vodoemov aridnogo klimata :mezhdunar. simpoz. [Thermal aquatic culture and biological productivity of arid climate basins: intern. Simpos.]. - Astrakhan: Publishing house of ASTU, 2007. - P. 71-73. [in Russian]

5. Zalepuhin V.V. Aktual'nost' ocenki kachestva proizvoditeley ryb v sovremennykh usloviyakh [The urgency of assessing the quality of fish producers in modern conditions] / V.V. Zalepuhin // Vestnik VolGU [Bulletin of the VolSU]. 2011. № 1 (1). - P. 60-66. [in Russian]

6. Pravdin I.F. Rukovodstvo po izucheniyu ryb (preimushchestvenno presnovodnyh) Chetvertoe izdanie pererabotannoe i dopolnennoe [Guide to the study of fish (mainly freshwater) Fourth edition revised and supplemented] / I.F. Pravdin. - Publishing house «Pishchevaya promyshlennost'» Moscow 1966. - 372 p. [in Russian]

7. Gerbil'skij N.L. Metod gipofizarnykh in'ekcij i ego rol' v rybovodstve. Gormonal'naya stimulyaciya polovogo cikla ryb v svyazi s zadachami vosproizvodstva rybnykh zapasov [Method of pituitary injections and its role in fish farming. Hormonal stimulation of the sexual cycle of fish in connection with the tasks of reproduction of fish stocks] / N.L. Gerbil'skij // Trudy VNIRO [Proceedings of VNIRO]. - Т. 111. - Л.: Nauka, 1975. P. 7 - 22. [in Russian]

8. Zalepuhin V. V. Fiziologo-biohimicheskaya kartina krovi karpovyh ryb v processe polucheniya ikry posle ehkzogenenogo stimulirovaniya sozrevaniya [Physiological and biochemical picture of blood of carp fish in the process of caviar production after exogenous stimulation of ripening] / V. V. Zalepuhin // Vestnik AGTU [Bulletin of AGTU]. 2005. № 3 (26), - P. 104- 111. [in Russian]

9. Kurapova T.M. Primernye skhemy provedeniya nerestovoj kampanii na ОАО «Рыбхоз Волма» в Республике Беларусь [Exemplary schemes of conducting a spawning campaign at JSC "Rybhoz Volma" in the Republic of Belarus] / T.M. Kurapova, E.I. Hrustalev, K.A. Molchanova and others // Nauchnye vedomosti, Seriya Estestvennye nauki [Scientific Bulletin, Series of Natural Sciences]. 2015. № 9 (206). 31, - P. 66- 72. [in Russian]

10. Bulavin E.F. Sravnitel'naya rybovodno-biologicheskaya harakteristika razvitiya ikry i lichinok sazana i karpa pri zavodskom vosproizvodstve [Comparative hatchery and biological characteristics of the development of caviar and carp larvae during plant reproduction] [Electronic resource] / E.F. Bulavin // Universum: Himiya i biologiya: ehlektron. nauchn. zhurn [Universum: Chemistry and biology: electron. scientific. journal.]. 2017. № 5(35). URL: <http://7universum.com/ru/nature/archive/item/4759> [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.76.10.020>**О КРИТЕРИЯХ СЕЛЕКЦИИ НОВЫХ СОРТОВ КОХИИ ПРОСТЕРТОЙ**

Научная статья

Цаган-Манджиев Н. Л.^{1,*}, Аркинчеев Д.В.²¹ ORCID: 0000-0003-1736-1585;² ORCID: 0000-0002-1825-0023,

Калмыцкий научно-исследовательский институт сельского хозяйства им.М.Б.Нармаева, Элиста, Россия

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

Аннотация

Селекция аридных кормовых растений, основанная на эколого-эволюционных, адаптивных принципах является одной из актуальных проблем кормопроизводства республики. Отсутствие достаточного ассортимента селекционных сортов аридных кормовых растений снижает эффективность работ, направленных на повышение продуктивности природных кормовых угодий и затрудняет создание системы семеноводства.

Целью исследований являлось изучение структуры сорта кохии простертой Джангар путем изучения ряда хозяйственно-биологических свойств составляющих его биотипов. На основании проведенных испытаний сделаны выводы о том, что сорт Джангар представляет собой смесь биотипов, которую разделять нецелесообразно, так как каждый из биотипов является естественным дополнением друг друга, проявляя свои свойства в определенных климатических условиях года. Таким образом, на современном этапе одним из основных критериев в селекции кохии простертой для различных почвенно-климатических зон Калмыкии, должна быть селекция сортов с более узкой нормой реакции, адаптированных к конкретным экологическим нишам.

Ключевые слова: пастбища, прутняк, селекция, сорт, биотип.

ON CRITERIA OF BREEDING OF NEW VARIETIES OF BASSIA PROSTRATA

Research article

Tsagan-Mandzhiev N.L.^{1,*}, Arkincheev D.V.²¹ ORCID: 0000-0003-1736-1585;² ORCID: 0000-0002-1825-0023,

Kalmyk Scientific Research Institute of Agriculture named after M.Narmayev, Elista, Russia

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

Abstract

The selection of arid fodder plants based on ecological, evolutionary and adaptive principles is one of the topical problems of feed production in the state. The lack of the sufficient range of breeding varieties of arid fodder plants reduces the effectiveness of work aimed at increasing the productivity of natural fodder land and makes it difficult to create a seed-growing system. The purpose of the research was to study the structure of the prostrate summer cypress variety of the prostrate summer cypress Jangar by studying some economic and biological properties of its constituent biotypes. Based on the tests carried out, it is concluded that the Jangar variety is a mixture of biotypes that it is not appropriate to divide them since each of the biotypes is a natural complement to each other showing its properties under certain climatic conditions of the year. Thus, at the present stage, one of the main criteria in the selection of prostrate summer cypress for different soils and climatic zones of Kalmykia should be the selection of varieties with a narrower reaction rate adapted to specific ecological niches.

Keywords: pastures, prostrate summer cypress, breeding, variety, biotype.

Природные пастбища, занимающие около 80% территории Республики Калмыкия, являются основной кормовой базой для животноводства, обеспечивая овец и крупный рогатый скот подножным кормом 8-10 месяцев в году, а в полупустынной зоне - круглогодично. В настоящее время из-за нерационального использования кормовых угодий, а также изменений, происходящих в природно-климатических условиях региона, урожайность пастбищ резко снизилась и не превышает 1,5-2,0 ц/га, а в благоприятные годы - 3,0-5,0 ц/га.

Основным путем повышения продуктивности природных кормовых угодий является фитомелиорация, включающая коренное улучшение пастбищ и создание пастбищных агроценозов на открытых песках. Успешное решение задач по борьбе с опустыниванием и фитомелиорации пастбищ зависит от правильного подбора видов и экотипов кормовых растений, обладающих высокой продуктивностью и приспособленных к природно-климатическим условиям региона. Это дикорастущие кормовые растения, популяции которых, образуя растительный покров региона, отличающегося комплексностью почвенных и климатических условий, представляют собой уникальный природный генофонд для создания сортов различного типа использования. В Калмыкии существует большое разнообразие форм прутняка (песчаный, глинистый экотипы), представляющих ценный исходный материал для выведения сортов.

Отсутствие достаточного ассортимента селекционных сортов аридных кормовых растений снижает эффективность фитомелиорации и затрудняет создание системы семеноводства. Поэтому селекция аридных кормовых растений, основанная на эколого-эволюционных, адаптивных принципах является одной из актуальных проблем кормопроизводства республики [13, С. 75].

До середины восьмидесятых годов прошлого столетия работа с дикорастущими кормовыми растениями в Северо-Западном Прикаспии и в частности в Республике Калмыкия сводилась к подбору и интродукции дикорастущих видов для улучшения полупустынных пастбищ и разработке агротехнических приемов их возделывания на корм и семена [8, С. 65], [9, С. 5].

Однако в процессе интродукции дикорастущих кормовых растений выявились недостатки, связанные с их биологическими особенностями. К отрицательным свойствам дикорастущих растений можно отнести неравномерность созревания семян, низкую полевую всхожесть, опушение и наличие крылаток у семян, недостаточную облиственность растений. В связи с этим появилась необходимость в высокопродуктивных, технологических сортах. Успешное решение этой задачи невозможно без целенаправленной работы по селекции и семеноводству дикорастущих видов.

Положительный результат в решении этой проблемы уже был достигнут. Исследования, проведенные в Средней Азии, Казахстане и на юго-востоке России показали, что благодаря введению в культуру и селекционной работе достигается значительное повышение продуктивности пастбищных угодий в 3-5 раз, при средней урожайности естественных пастбищ не превышающей 3 ц/га сухой массы. Были созданы сорта прутняка, кейреука, житняка и камфоросмы, которые характеризуются высокой засухоустойчивостью, урожайностью (15-25 ц/га сухой массы) и пригодные для выращивания в аридных районах с количеством осадков от 110-160 до 300-350 мм в год [9, С. 5], [6, С. 15], [12, С. 18].

Использование на Черных землях сортов, созданных в других регионах, отличающихся почвенно-климатическими условиями, не всегда давало положительные результаты. Как подчеркивает Шамсутдинов З.Ш.(1980) нет сортов, которые могли бы с равным успехом использоваться во всех районах, во всех экологических типах пустынь. Виды и сорта пустынных кормовых растений должны обладать региональной приспособленностью, устойчивостью к комплексу почвенно-климатических условий. Эти обстоятельства объективно диктовали необходимость создания сортов для различных экологических ниш Черных земель характеризующихся специфическими природными условиями.

Многие виды кормовых растений являются представителями коренной растительности Черных земель и представляют собой уникальный генофонд кормовых растений, прошедших многолетний естественный отбор. Популяции этих видов характеризуются высокой гетерогенностью, широким размахом варьирования хозяйственно-ценных признаков, что представляет возможность для создания перспективного исходного материала и селекции высокопродуктивных сортов с широкой экологической пластичностью. Особую актуальность в условиях Черных земель приобретает задача по созданию пастбищных сортов кормовых растений. Из пустынных кормовых растений наибольшее распространение в производстве получил прутняк. Это одна из наиболее изученных культур.

Впервые прутняк был рекомендован для введения в культуру в 1928г. академиком И.В.Лариным. П.П.Бегучев с 1929 года по 1936 год провел первые исследования биологических свойств культуры и разработал отдельные вопросы агротехники его возделывания [2, С. 10], [3, С. 8]. На юго-востоке России исследования прутняка проводились в Ставропольском крае [4, С. 10], в Волгоградской области [5, С. 21], в Калмыкии [1, С. 5], [7, С. 6], [10, С. 17]. Анализ вышеперечисленных работ по изучению прутняка в культуре в различных почвенно-климатических зонах показал перспективность данной культуры. Было отмечено однако, прутняк имеет ряд недостатков, которые затрудняют его широкое производственное освоение и вызывают необходимость селекционного улучшения, выведение сортов, пригодных для создания долгодетных высокопродуктивных пастбищ и сенокосов.

В настоящее время в Государственном реестре сортов, допущенных к использованию на территории Российской Федерации имеется три сорта прутняка, выведенных Всероссийским НИИ кормов им.В.Р.Вильямса и Калмыцким НИИ сельского хозяйства. Это сорта Джангар [11, С. 46], Бархан и Альянс.

Джангар

Сорт выведен методом многократного массового отбора.

Относится к песчаному экотипу, который отличается бело-мохнатым опушением надземных органов растения.

Сорт неоднороден: растения имеют прямостоячую форму (70%), также развалистую и лежачую; окраска побегов желто-зеленая и красная, длина их – 60—70см. Листья ланцетовидные, серо-зеленые, с прижатым опушением, длиной 0,8-2,0 см и шириной 0,1-0,3 см. Соцветие – плотная метелка длиной 6-10 см. Семена круглой формы с удлинено-овальными крылатками, диаметром 1,5-2,0 мм. Окраска семян серо-зеленая, крылаток при созревании – кремовая. Масса 100 семян 1,8-2,1 г. Корневая система – стержневая, мощная. Vegetационный период составляет 215-220 суток.

Обладает средней солеустойчивостью и высокой засухоустойчивостью за счет способности формировать глубоко проникающую корневую систему, благодаря которой рост и развитие растений продолжается даже в период длительной летней засухи. Джангар отличается хорошей выживаемостью растений (до 80%), ускоренным ростом, устойчивостью к болезням и вредителям. Устойчив к выпасу, хорошо поедается в течение всего выпасного периода, пригоден для длительного пастбищного использования.

Растения сорта Джангар обладают хорошей кустистостью (40-50 побегов на растение), облиственность их равномерная (50-55%). Урожайность сухой массы в среднем за три года испытаний в полупустынной зоне составила 1,51 т/га, в сухостепной зоне - 3,02 т/га, что выше, чем у стандарта, соответственно на 11,8 и 8,0%. Цветет и плодоносит с первого года жизни. Период от отрастания до полного созревания семян – 205-210 суток. Урожайность семян – 100-200 кг/га. Характеризуется высокими кормовыми достоинствами. Так, в фазу бутонизации содержание протеина в сухом корме достигает 17,0%, в период цветения – 15,6%.

В 1997 году сорт Джангар включен в Государственный реестр сортов и допущен к использованию в производстве в Калмыкии и других регионах Российского Прикаспия.

Сорт Джангар представляет собой смесь биотипов с различной окраской побегов. Нами было проведено изучение биотипического разнообразия в популяции сорта Джангар. По морфологическим признакам (окраска побегов, облиственность, длина побегов) растения на 90% соответствовали родительским биотипам и только 10% растений имели побеги зеленовато-серого цвета, которые встречались в популяциях растений как с желтыми, так и с красными побегами. За четыре года исследований не удалось установить четких различий по облиственности, длине побегов, общей кустистости, по срокам прохождения основных фенологических фаз, они во многом зависели от складывающихся погодных условий. Наиболее важным хозяйственным признаком является урожайность, поэтому ниже приводятся результаты оценки биотипов прутняка по урожайности сухой массы (табл.1.).

Таблица 1 – Урожайность сухой массы биотипов прутняка в фазе цветения, ц/га

Сорт, биотип	Год жизни				
	1-й	2-й	3-й	4-й	Среднее за 4 года
Сорт Джангар (стандарт)	21,6	43,1	28,8	45,0	34,6
Биотип с красными побегами	19,6	30,0	21,2	43,6	28,6
Биотип с желтыми побегами	22,0	25,7	30,6	43,8	30,5
НСР ₀₅	3,2	2,7	2,9	2,1	2,5

Анализ результатов оценки по урожайности сухой массы у биотипов выявил следующие закономерности: в первый и четвертый годы жизни, которые были благоприятными для роста и развития растений урожайность сорта не превышала достоверно урожайности биотипов, которые по этому показателю между собой также не различались. Во второй год жизни, более засушливый, урожайность сорта превышала урожайность биотипов, у биотипа с красными побегами она была также выше, чем у биотипа с желтыми. А на третий год жизни урожайность сорта была на уровне урожайности биотипа с желтыми побегами, у которого этот показатель был выше, чем у биотипа с красными побегами.

Таким образом, на основании вышеизложенного можно сделать вывод о том, что сорт Джангар представляет собой смесь биотипов, которую разделять нецелесообразно, так как каждый из биотипов является естественным дополнением друг друга, проявляя свои свойства в определенных климатических условиях года. Этот вывод подтверждается тем, что в среднем за четыре года сорт имел урожайность достоверно превышающую урожайность каждого из биотипов в отдельности.

Очевидно, что Джангар является сортом с широкой нормой реакции. В перспективе, для различных почвенно-климатических зон Калмыкии, по нашему мнению, необходима селекция сортов с более узкой нормой реакции, адаптированных к конкретным экологическим нишам.

Заключение

1. Отсутствие достаточного ассортимента селекционных сортов аридных кормовых растений снижает эффективность фитомелиорации и затрудняет создание системы семеноводства. Поэтому селекция аридных кормовых растений, основанная на эколого-эволюционных, адаптивных принципах является одной из актуальных проблем кормопроизводства республики.

2. В результате оценки различных биотипов прутняка установлено, что сорт Джангар представляет собой смесь биотипов, которую нецелесообразно разделять, так как каждый из биотипов является естественным дополнением друг друга, проявляя свои свойства в определенных климатических условиях года. Это подтверждается тем, что в среднем за четыре года сорт имел урожайность сухой массы (34,6 ц/га), превышающую урожайность каждого из биотипов в отдельности (28,6 и 20,5 ц/га).

3. На современном этапе одним из основных критериев в селекции кохии простертой для различных почвенно-климатических зон Калмыкии, должна быть селекция сортов с более узкой нормой реакции, адаптированных к конкретным экологическим нишам. Выровненность сорта по ряду хозяйственно-полезных признаков (одновременность созревания, однотипность по ряду морфологических признаков и др.) позволит механизировать основные процессы производства семян кохии простертой.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Анфиногентов П.И. Прутьняк (кохия простертая, зултурган) / П.И.Анфиногентов. – Элиста, 1939. – 32с.
2. Бегучев П.П. Введение в культуру прутняка и его значение в борьбе с выгоранием пастбищ в полупустынной части Сталинградского края и Калмыцкой АССР / П.П.Бегучев. – Элиста, 1936. – 34с.
3. Бегучев П.П. Прутьняк (зултурган) – ценная кормовая культура в Калмыкии / П.П.Бегучев, И.П.Леонтьева. – Элиста, 1960. – 36с.
4. Дударь А.К. Пути улучшения пастбищ и сенокосов на песчаных землях Прикаспийской низменности / А.К.Дударь // Кормовая база. – 1952. – №2. – С.10-11.
5. Леонтьева И.П. Некоторые вопросы использования и агротехники прутняка в зоне светло-каштановых почв Волгоградской области / И.П.Леонтьева – М., 1969. – С.20-22.
6. Назарюк А.А. Результаты и перспективы селекции изеня в Средней Азии / А.А.Назарюк // Материалы Всесоюзного совещания «Состояние и перспективы селекции и интродукции кормовых растений для пустынной и полупустынной зон» - Самарканд, 1979. – С.14-16.
7. Смагин В.П. Агротехника выращивания прутняка, житняка и их смесей в условиях полупустыни Черных земель / В.П.Смагин // Автореферат канд.дисс.- Ставрополь, 1975. – 22с.
8. Фальковский Я.И. Введение в культуру, селекция и семеноводство прутняка в районах богарного земледелия / Я.И.Фальковский // Доклады и сообщения по кормопроизводству.- М., 1972. – Вып.4. – С.65-70.
9. Филоненко В.А. Агротехнические приемы улучшения полупустынных пастбищ/ Филоненко В.А. // Автореферат канд.дисс. – Душанбе, 1973. – 25с.

10. Цаган-Манджиев Н.Л. Селекционная работа с зерновыми и аридными кормовыми растениями в Калмыцком НИИСХ / Н.Л.Цаган-Манджиев // В сб.: «Проблемы социально-экономического развития аридных территорий России». Том 2. - М., 2001. - С.16-22.

11. Цаган-Манджиев Н.Л. Кохия простертая Джангар / Н.Л.Цаган-Манджиев, В.Л.Абоян, Б.А. Гольдварг // Селекция и семеноводство. - 1997. - № 4. - С.46.

12. Шамсутдинов З.Ш. Селекция и семеноводство пустынных кормовых растений / З.Ш.Шамсутдинов. - М., 1980. - С.18-20.

13. Шамсутдинов З.Ш. Экотипическая селекция аридных кормовых растений / З.Ш.Шамсутдинов, Н.Л.Цаган-Манджиев, Э.З.Шамсутдинова // Материалы междунауч. конф. «Единая Калмыкия в единой России». - Элиста, 2009. - С. 74-78.

14. Шамсутдинов З.Ш. Инновационные технологии экологической реставрации деградированных пастбищных экосистем на основе новых сортов кормовых галофитов в аридных районах России / З.Ш.Шамсутдинов, В.М.Косолапов, Н.Л.Цаган-Манджиев и др. // Российская сельскохозяйственная наука. - 2016. - № 4. - С.49-53.

Список литературы на английском языке / References in English

1. . Anfinogentov P.I. Prutnyak (kokhiya prostertaya, zulturgan) [Prostrate Summer Cypress (Bassia prostrata)] /P.I. Anfinogentov. - Elista, 1939. - 32p. [in Russian]

2. Beguchev P.P. Vvedenie v kulturu prutniaka i ego znachenie v borbe s vygoraniem pastbishch v polupustynnoi chasti Stalingradskogo kraia i Kalmytskoi ASSR [Introduction to Culture of Prostrate Summer Cypress and its Importance in Combating Pasture Burning in Semidesert Part of the Stalingrad Region and the Kalmyk ASSR] / P.P. Beguchev. - Elista, 1936. - 34p. [in Russian]

3. Beguchev P.P. Prutnyak (zulturgan) – tsennaya kormovaya kultura v Kalmykii [Prostrate Summer Cypress (Zulturgan) - Valuable Forage Crop in Kalmykia] / P.P. Beguchev, I.P. Leontieva. - Elista, 1960. - 36p. [in Russian]

4. Dudar A.K.. Puti uluchsheniya pastbishch i senokosov na peschanykh zemliakh Prikaspiiskoi nizmennosti [Ways to Improve Pastures and Haymaking on Sandy Lands of the Caspian Lowland] / A.K. Dudar // Kormovaya baza [Fodder Base]. - 1952. - No.2. - P.10-11. [in Russian]

5. Leontieva I.P. Nekotorye voprosy ispolzovaniya i agrotehniki prutnyaka v zone svetlo-kashtanovykh pochv Volgogradskoi oblasti [Some Questions of the Use and Agrotechnics of Rod in the Zone of Light Chestnut Soils of the Volgograd Region] / I.P. Leontieva. - M., 1969. - P. 20-22. [in Russian]

6. Nazaryuk A.A. Rezultaty i perspektivy selektsii izenia v Srednei Azii [Results and Prospects of Breeding Prostrate Summer Cypress in Central Asia] / A.A.Nazaryuk // Materialy Vsesoyuznogo soveshchaniya «Sostoyaniye i perspektivy selektsii i introduktsii kormovykh rasteniy dlya pustynnoy i polupustynnoy zon [Materials of the All-Union Conference "Status and Prospects of Selection and Introduction of Feed Plants for Desert and Semidesert Zones."] - Samarkand, 1979. - P.14-16. [in Russian]

7. Smagin V.P. Agrotehnika vyrashchivaniya prutnyaka, zhitnyaka i ikh smesei v usloviyakh polupustyni Chernykh zemel [Agrotechnics of Cultivating Prostrate Summer Cypress, Seedling and their Mixtures in Conditions of Semidesert of the Black Earths] / V.P.Smagin // Thesis Abstract - Stavropol, 1975. - 22p. [in Russian]

8. Falkovskii Ya.I. Vvedenie v kulturu, selektsiya i semenovodstvo prutnyaka v rayonakh bogarnogo zemledeliya [Introduction to Culture, Selection and Seed Production of Prostrate Summer Cypress in Areas of Rainfed Farming] / Ya.I.Falkovskiy // Doklady i soobshcheniya po kormovodstvu [Reports on Feed Production]. - M., 1972. - Issue 4. - P.65-70. [in Russian]

9. Filonenko V.A. Agrotehnicheskie priemy uluchsheniya polupustynnykh pastbishch [Agrotechnical Methods for Improving Semidesert Pastures] / Filonenko V.A. // Thesis Abstract. - Dushanbe, 1973. - 25p. [in Russian]

11. Tsagan-Mandzhiev N.L. Seleksionnaya rabota s zernovymi i aridnymi kormovymi rasteniyami v Kalmytskom NIISH [Selection Work with Grain and Arid Fodder Plants in the Kalmyk NRIA] / N.L. Tsagan-Mandzhiev // Sbornik Problemy sotsialno-ekonomicheskogo razvitiya aridnykh territoriy [Collection: "Problems of Socio-Economic Development of Arid Territories of Russia."] Volume 2. - M., 2001. - P.16-22. [in Russian]

12. Tsagan-Mandzhiev N.L. Kokhiya prostertaya Dzhangar [Prostrate Summer Cypress Jangar] / N.L. Tsagan-Mandzhiev, V.L. Aboyan, B.A. Goldvarg // Seleksiya i semenovodstvo [Selection and Seed-growing]. - 1997. - No. 4. - P.46. [in Russian]

13. Shamsutdinov Z.Sh. Seleksiya i semenovodstvo pustynnykh kormovykh rastenii [Selection and Seed Farming of Desert Fodder Plants] / Z.Sh. Shamsutdinov. - M., 1980. - P.18-20. [in Russian]

14. Shamsutdinov Z.Sh. Ekotipicheskaya seleksiya aridnykh kormovykh rastenii [Ecotypic Selection of Arid Fodder Plants] / Z.Sh.Shamsutdinov, N.L. Tsagan-Mandzhiev, E.Z.Shamsutdinova // Materialy mezhdunar. Nauch. Konf. Edinaya Kalmykia v edinoi Rossii [Materials of the Interdisciplinary Scientific Conference. "United Kalmykia in the United Russia."] - Elista, 2009. - P. 74-78. [in Russian]

15. Shamsutdinov Z.Sh. Innovatsionnye tekhnologii ekologicheskoi restavratsii degradirovannykh pastbishchnykh ekosistem na osnove novykh sortov kormovykh galofitov v aridnykh rayonakh Rossii [Innovative Technologies for Ecological Restoration of Degraded Pasture Ecosystems Based on New Varieties of Fodder Halophytes in Arid Regions of Russia] / Z.Sh.Shamsutdinov, V.M.Kosolapov, N.L.Tsagan-Mandzhiev et al. // Rossiyskaya selskokhoziaystvennaya nauka [Russian Agricultural Science]. - 2016. - No. 4. - P.49-53. [in Russian]

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ИММУНОМОДУЛЯТОРА ПРИ ПРОФИЛАКТИКЕ ПГ-3 У ТЕЛЯТ

Научная статья

Староселов М.А.¹, Басова Н.Ю.², Схатум А.К.³, Пачина В.В.⁴
^{1, 2, 3, 4} Краснодарский центр зоотехнии и ветеринарии, Краснодар, Россия

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

Аннотация

Поскольку у 20-25% телят выявлен дефицит иммунитета по тому или иному звену, иммунопрофилактика, в том числе и против парагриппа-3 (ПГ-3) не всегда эффективна. Применение иммуномодулятора «полиоксидоний-вет раствор» позволяет повысить титры специфических антител против ПГ-3 при вакцинации телят инактивированной вакциной «Комбовак – Р», в среднем в три раза, по сравнению с контрольной группой, вакцинированной без использования иммуномодулятора. Через два месяца после ревакцинации в контрольной группе отмечено заболевание телят ПГ-3 – 5% животных, в опытной больные телята ПГ-3 отсутствовали. Применение «полиоксидоний-вет раствор» оказало позитивное влияние на фагоцитарную активность нейтрофилов, нормализовало показатели белой крови и соотношение Т- и В-лимфоцитов. Таким образом, применение иммуномодулятора «полиоксидоний-вет раствор» способствует повышению эффективности профилактических мероприятий при ПГ-3 КРС.

Ключевые слова: телята, парагрипп – 3 (ПГ-3), «полиоксидоний-вет раствор», антитела, титры.

EFFICIENCY OF IMMUNOMODULATOR APPLICATION FOR PREVENTION OF PARAINFLUENZA-3 IN CALVES

Research article

Staroselov M.A.¹, Basova N.Yu.², Skhatum A.K.³, Pachina V.V.⁴
^{1, 2, 3, 4} Krasnodar Center for Zootechnics and Veterinary Medicine, Krasnodar, Russia

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

Abstract

Since 20-25% of calves have immuno-deficiency in one or another link, immunological prophylaxis including the one against parainfluenza-3 (PG-3) is not always effective. The use of “polyoxidonium vet solution” immunomodulator allows increasing the titers of specific antibodies against PI-3 when vaccinating calves with the inactivated “Kombovac-R” vaccine, on average, three times, compared to the control group vaccinated without the use of an immunomodulator. Two months after the revaccination in the control group, the disease of PI-3 calves was registered in 5% of the animals in the experimental group and there were no cases of PI-3 among calves. The use of “polyoxidonium vet solution” had a positive effect on the phagocytic activity of neutrophils, normalized white blood values and the ratio of T and B lymphocytes. Thus, the use of “polyoxidonium vet solution” immunomodulator helps to increase the effectiveness of preventive measures in case of PI-3.

Keywords: calves, parainfluenza - 3 (PI-3), “polyoxidonium vet solution,” antibodies, titers.

Респираторные болезни молодняка крупного рогатого скота (КРС) являются одной из наиболее важных причин экономического ущерба в индустрии молочного скотоводства.

Респираторные болезни молодняка КРС, как правило, многофакторны. На фоне внешних условий, снижающих резистентность телят, низкой функциональной активности иммунной системы у животных до шести месячного возраста, вирусные агенты, играющие ведущую роль при возникновении патологий органов дыхания, не только вызывают воспалительные процессы, но и оказывают иммуносупрессорное влияние на иммунитет организма, в том числе и системный иммунитет респираторного тракта [1, С. 197], [2, С. 3-19], [3, С. 194], [4, С. 256].

Многие исследователи, изучающие респираторные болезни КРС, считают, что основную роль в возникновении смешанных патологий органов дыхания играет возбудитель парагриппа-3 (ПГ-3) [8, С. 51-65].

Данные о циркуляции вируса ПГ-3 не раскрывают полностью эпизоотическую ситуацию по данному заболеванию. Ряд исследователей считает, что клинически ПГ-3 проявляется в виде острого респираторного вирусного заболевания только у молодняка КРС до 12-месячного возраста, тогда как взрослые животные болеют бессимптомно [5, С. 958], [6, С. 13-15].

При современных условиях интенсивного ведения животноводства животные испытывают огромные антропогенные и техногенные нагрузки, приводящие к иммуносупрессии и иммунодефицитам. В таких условиях резко снижается эффективность проводимых профилактических вакцинаций.

Для повышения резистентности животных в системе профилактических и лечебных мероприятий показано применение иммуномодулирующих препаратов при патологиях как инфекционной, так и незаразной этиологии. Поэтому, введение иммуномодулирующих препаратов для повышения эффективности профилактических мероприятий при респираторных болезнях КРС, является актуальным и своевременным [7, С. 3-5], [9, С. 45], [10, С. 19].

В гуманитарной медицине широкое распространение получили комплексные препараты, обладающие не только иммуностимулирующей активностью, но и оказывающие позитивное влияние на обменные процессы, обладающие антиоксидантной и/или противоаллергической, противовоспалительной активностью.

Результаты исследований

По данным наших исследований, в Краснодарском крае ПГ-3 КРС имеет широкое распространение. Из обследованных 51 хозяйств, 49 (96%) были не благополучны по ПГ-3. Анализ результатов ретроспективной диагностики, проведенной в последние 5 лет свидетельствует, что 77,8-95,6% обследованных животных положительно реагировали на ПГ-3. Несмотря на массовую вакцинацию, заболеваемость крупного рогатого скота ПГ-3 за последние годы не снижалась и оставалась на уровне 25-27%. При изучении напряженности и длительности поствакцинального иммунитета против респираторных вирусных инфекций установили, что не зависимо от типа вакцины 20—25% привитых животных имеют дефицит поствакцинального иммунитета.

Установили, что до вакцинации и применения иммуномодулятора «полиоксидоний-вет раствор» у телят средние титры специфических антител к ПГ-3 в РТГА были в пределах 1:12,2±4,6 с колебаниями от 1:2 до 1:32 (контрольная группа) и 1:12,6±6,2, с колебаниями от 1:2 до 1:32 (опытная группа).

Через 30 дней после вакцинации средние титры специфических антител к ПГ-3 возросли соответственно по группам до 1:48,0±2,6, с колебаниями титров от 1:16 до 1:128 (контрольная группа) и 1:151,4±3,8, с колебаниями титров от 1:32 до 1:256 (опытная группа). То есть через месяц после вакцинации животных инактивированной вакциной «Комбовак – Р», титры специфических антител к ПГ-3 у телят возросли в четыре раза, при этом у 3 телят контрольной группы (15%), титры антител к ПГ-3 были ниже значения 1:32, что не обеспечивает защиты животных от инфицирования возбудителем ПГ-3 и заболевания (Таблица 1). При использовании перед вакцинацией препарата «полиоксидоний-вет раствор» специфические поствакцинальные антитела к ПГ-3 у телят опытной группы через месяц после иммунизации в среднем возросли в 12 раз.

Через два месяца после вакцинации у трех (15%) телят контрольной группы титры специфических антител к ПГ-3 упали до значения 1:4 – 1:8, у одного (5%) – возросли до 1:1024, что свидетельствует о заболевании животного ПГ-3, в среднем – 1:157,7±15,9. В опытной группе у одного (5%) теленка титры антител к ПГ-3 снизились до 1:16, у остальных оставались в пределах значений 1:32 – 1:128, в среднем по группе – 1:89,1±4,6.

Таблица 1 – Влияние «полиоксидоний-вет раствор» на поствакцинальный иммунитет к ПГ-3 ($M \pm m$, $n=20$)

Группы телят	Титры антител к ПГ-3 в РНГА		
	Фоновые показатели	Через 30 дней после вакцинации	Через 60 дней после вакцинации
Контрольная	1:12,2±4,6	1:48,0±2,6	1:157,7±15,9
Опытная	1:12,6±6,2	1:151,4±3,8	1:89,1±4,6

Анализируя результаты гематологических и иммунологических исследований телят до и после вакцинации установили, что применение «полиоксидоний-вет раствор» перед вакцинацией оказывает позитивное влияние на количество лейкоцитов крови, при снижении этого показателя в контрольной группе, отмечено увеличение в опытной на 6%, при этом относительное количество нейтрофилов в крови телят опытной группы достоверно не изменилось, что указывает на отсутствие воспалительного процесса, в то время как в контроле их количество достоверно возросло.

Картина красной крови телят контрольной и опытной групп изменялась не значительно, показатели оставались в пределах нормы для данного возраста.

При изучении показателей иммунитета установили, что наиболее выраженное действие иммунокорректор оказал на фагоцитарное звено, о чем свидетельствует достоверное повышение активности нейтрофилов в опытной группе (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние «полиоксидоний-вет раствор» на иммунобиологические показатели крови телят при вакцинации против ПГ-3 ($M \pm m$, $n=20$)

Показатель	Опытная группа		Контрольная группа	
	Фоновые показатели	Через 30 дней после вакцинации	Фоновые показатели	Через 30 дней после вакцинации
Эритроциты, $10^{12}/л$	7,89±0,7	7,77±0,9	7,4±0,1	7,97±0,3
Гемоглобин, г/л	109,2±8,8	101,0±10,4	122,8±2,3	125,6±2,8
Лейкоциты, $10^9/л$	9,9±1,3	10,5±1,2	10,8±1,1	12,1±3,0
Эозинофилы, %	0,2±0,02	0,4±0,04	0,1±0,1	0,2±0,2
Палочкоядерные нейтрофилы, %	4,6±1,0	3,6±1,5	3,6±0,9	5,0±1,4
Сегментоядерные нейтрофилы, %	30,6±3,4	31,4±6,3	22,2±2,3	30,2±2,1*
Лимфоциты, %	62,8±6,5	63,4±4,2	72,0±3,6	63,4±4,3
Моноциты, %	1,8±0,9	1,2±0,5	2,1±0,5	1,2±0,8
СОЭ	0,8±0,2	1,0±0,0***	0,2±0,2	0,6±0,245
ФА 30 мин, %	26,8±1,4	30,6±1,8*	25,6±1,6	28,8±2,2
ЗФ, ед.	1,06±0,02	1,1±0,1	1,08±0,04	1,04±0,1
Т-лимфоциты, %	65,6±1,5	63,2±1,1	68,0±1,3	63,2±1,1
В-лимфоциты, %	30,6±0,9	32,6±1,3	28,0±1,6	34,2±1,1
Т/В, %	2,16±0,1	1,9±0,1	2,48±0,2	1,9±0,1
БАСК, %	42,3±1,6	67,5±2,1	42,0±6,1	45,8±3,8
ЛАСК, ед./л	28,5±2,2	37,6±1,6	26,8±2,5	28,3±1,2

Примечание: * - степень достоверности: * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$ по отношению к контролю.

Достоверного увеличения относительного количества Т- и В-лимфоцитов в крови не отмечено, но происходит нормализация их соотношения.

Влияние на гуморальное звено иммунитета выражено в повышении БАСК на 59,5-63,1%, ЛАСК на 31,9-47,3%, против контрольной группы, где эти показатели возросли соответственно на 9,0 и 5,5%.

Таким образом, применение иммуномодулятора «полиоксидоний-вет раствор» при вакцинации телят инактивированной вакциной «Комбовак –Р» повышает активность и продолжительность поствакцинального иммунитета к ПГ-3, нормализует гематологические и иммунологические показатели, снижает заболеваемость телят ПГ-3 после вакцинации.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы/ References

1. Александрова И.Г. Средства, методы лечения, профилактики и иммунокоррекции при инфекционных болезнях крупного рогатого скота смешанной этиологии: дис. ...канд. вет. наук.:16.00.04: защищена 21.01.13: утв. 19.07.13 / Александрова Ирина Григорьевна. – Омск, 2013. – 197 с.
2. Галочкин В.А. Иммунобиотехнологический подход к регуляции репродуктивной функции, обмена веществ и продуктивности животных / Галочкин В.А. // Сельскохозяйственная биология. – 1994. – № 2. – С. 3-19.
3. Глотов А.Г. Инфекционный ринотрахеит крупного рогатого скота: дис. ...докт. вет. наук.:16.00.04: защищена 01.03.6: утв. 19.11.06 / Глотов Александр Григорьевич. - Новосибирск, 2006. – 194 с.
4. Симонян Г.А. Ветеринарная гематология / Г.А. Симонян. – М.: Колос, 1995. – 256 с.
5. Сюрин В.Н. Вирусные болезни животных / В.Н. Сюрин, Б.В. Самуйленко. - М.: ВНИТИБП.-1998.-928с.
6. Мищенко. В.А. Особенности массовых ассоциированных респираторных заболеваний взрослого крупного рогатого скота / В.А. Мищенко. В.В. Думова, О.Ю. Черных // Ветеринария Кубани. - 2011. - № 3. - С. 13-15.
7. Мищенко В.А. Проблема борьбы и профилактики инфекционного ринотрахеита – инфекционного пустулезного вульвовагинита крупного рогатого скота / В.А. Мищенко, Г.А. Джаилиди, О.Ю. Черных и др. // Ветеринария Кубани. – 2012. – № 6. – С. 3-5.
8. Методические указания по лабораторной диагностике вирусных респираторно-кишечных инфекций крупного рогатого скота: лабораторные исследования в ветеринарии. А.Г. Глотов; Москва, 1987. – С. 51-65.
9. Методические указания по тестированию естественной резистентности телят. / П.А. Емельяненко, О.Н. Грызлова, В.Н. Денисенко и др. // М., 1980. –С. 45.
10. Методы оценки функциональной активности нейтрофильных гранулоцитов / Нестерова И.В. с соавт.; Краснодар, 1992. – С.19.11

Список литературы на английском языке / References in English

1. Aleksandrova I.G. Sredstva, metody lecheniya, profilaktiki i immunokorreksii pri infektsionnykh boleznyakh krupnogo rogatogo skota smeshannoi etiologii: dis ... kand. vet. nauk.: 16.00.04: zashchishchena 21.01.13: utv. 19.07.13 [Means, Methods of Treatment, Prevention and Immuno-correction in Infectious Diseases of Cattle of Mixed Etiology: Abstract thesis of PhD in Vet. Sciences: 16.00.04: defended 21.01.13: approved 19.07.13] / Alexandrova Irina Grigorievna. - Omsk, 2013. – 197 p. [in Russian]
2. Galochkin V.A. Immunobiotechnologicheskii podkhod k regulatsii reproduktivnoi funktsii, obmena veshchestv i produktivnosti zhivotnykh [Immunobiotechnological Approach to Regulation of Reproductive Function, Metabolism and Productivity of Animals] / Galochkin V.A. // Selskokhoziaystvennaya biologiya [Agricultural Biology]. – 1994. – No.2. – P. 3-19. [in Russian]
3. Glotov A.G. Infektsionnyi rinotrakheit krupnogo rogatogo skota: dis. ...dokt. vet. nauk.: 16.00.04: zashchishchena 01.03.6: utv. 19.11.06 [Infectious Rhinotracheitis of Cattle: Abstract thesis of PhD of Vet. Sciences: 16.00.04: defended 01.03.6: approved 19.11.06] / Glotov Aleksandr Grigorievich. – Novosibirsk, 2006. – 194 p. [in Russian]
4. Simonyan G.A. Veterinarnaya gematologiya [Veterinary Hematology] / G.A. Simonyan. – M.: Kolos, 1995. – 256 p. [in Russian]
5. Syurin V.N. Virusnye bolezni zhivotnykh [Viral Diseases of Animals] / V.N. Syurin, B.V. Samuilenko. - M.: ASRITIBP. – 1998. – 928 p. [in Russian]
6. Mishchenko V.A. Osobennosti massovykh assotsirovannykh respiratornykh zabolevaniy vzroslogo krupnogo rogatogo skota [Features of Mass Associated Respiratory Diseases in Adult Cattle] / V.A.Mishchenko. V.V.Dumova, O.Yu.Chernykh // Veterinarnaya meditsina Kubani. [Veterinary Medicine of the Kuban]. – 2011. – No.3. – P. 13-15. [in Russian]
7. Mishchenko V.A. Problema borby i profilaktiki infektsionnogo rinotrakheita – infektsionnogo pustuleznogo vulvovaginita krupnogo rogatogo skota [Problem of Fighting and Preventing Infectious Rhinotracheitis - Infectious Pustular Vulvovaginitis of Large Cattle] / V.A. Mishchenko, G.A. Jailidi, O.Yu. Chernykh and others // eterinarnaya meditsina Kubani. [Veterinary Medicine of the Kuban]. – 2012. – No. 6. – P. 3-5 [in Russian]
8. Metodicheskie ukazaniya po laboratornoi diagnostike virusnykh respiratorno-kishechnykh infektsii krupnogo rogatogo skota: laboratornye issledovaniya v veterinarii [Methodical Instructions for Laboratory Diagnostics of Viral Respiratory Infections of Cattle: Laboratory Studies in Veterinary Medicine]. A.G. Glotov; Moscow, 1987. – P. 51-65. [in Russian]
9. Metodicheskie ukazaniya po testirovaniyu estestvennoi rezistentnosti teliat [Methodological Guidelines for Testing Natural Resistance of Calves]. / P.A. Emelyanenko, O.N. Gryzlova, V.N. Denisenko et al // M., 1980. – P. 45. [in Russian]
10. Metody otsenki funktsionalnoi aktivnosti neitrofilnykh granulotsitov [Methods for Assessing Functional Activity of Neutrophilic Granulocytes]. Nesterova I.V. et al.; Krasnodar, 1992. – P.19. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.76.10.022>

МОНИТОРИНГ ПАЗАРИТОФАУНЫ КРОЛИКОВ В СМОЛЕНСКОМ РАЙОНЕ СМОЛЕНСКОЙ ОБЛАСТИ, ЛЕЧЕНИЕ НАИБОЛЕЕ РАСПРОСТРАНЕННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ НОВЫМ ОТЕЧЕСТВЕННЫМ КОМПЛЕКСНЫМ ПРЕПАРАТОМ АПРУМВЕТ

Научная статья

Мельникова М.Ю.*

Смоленский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, Смоленск, Россия

* Корреспондирующий автор (marinamelnikova1985[at]yandex.ru)

Аннотация

Проведен мониторинг паразитологической ситуации среди кроликов различных пород, содержащихся в частных фермерских хозяйствах Смоленской области. Выявлены наиболее распространенные виды паразитов. Проведено лечение новым отечественным, не имеющим аналогов, комплексным противопаразитарным препаратом апрумвет, в состав которого входит кокцидиостатик ампролиум и нематодоцидный компонент – альбен-субстанция. При этом были получены положительные результаты, а именно лечение оказалось достаточно эффективным. Также выяснено, что отсутствует отрицательное влияние препарата на организм животного, это подтверждено и предыдущими исследованиями.

Ключевые слова: паразитофауна, мониторинг, кокцидиоз, профилактика и лечение.

RABBIT PARASITOPHAUNA MONITORING IN SMOLENSK DISTRICT OF SMOLENSK REGION, TREATMENT OF MOST DISTRIBUTED DISEASES WITH NEW DOMESTIC COMPLEX PREPARATION – APRUMET

Research article

Melnikova M.Yu.*

Smolensk Research Institute of Agriculture, Smolensk, Russia

* Corresponding author (marinamelnikova1985[at]yandex.ru)

Abstract

A current parasitological situation among rabbits of various breeds kept in private farms of the Smolensk region was monitored in this work, the most common types of parasites were identified. Rabbits were treated with a new domestic, unequalled, complex antiparasitic drug – Aprumvet, which includes the coccidiostatic amprolium and the nematocidal component – alben substance. As a result, positive effect was obtained, namely the treatment was quite effective. It was also found that there is no negative effect of the drug on the animal's body, this was confirmed by previous studies.

Keywords: parasitic fauna, monitoring, coccidiosis, prevention and treatment.

В настоящий период времени кролиководство на Смоленщине набирает все большую популярность. Появляются мелкие подсобные хозяйства, поголовье животных в которых может достигать до 200 особей. Поэтому состояние паразитологической ситуации в этой отрасли животноводства является актуальным и довольно прибыльным.

Исследование проводили в 12 подсобных хозяйствах Смоленской области на беспородных кроликах, кроликах породы серый великан и рекс. Все животные были условно поделены на несколько возрастных групп: 1. молодняк в возрасте до 1,5 месяцев, содержащийся совместно с самкой. 2. крольчата отъемыши от 1,5 месяцев до 6 месяцев. 3. взрослые половозрелые особи в возрасте старше 6 месяцев. У молодняка разделение по половому признаку не проводили. Все животные были привиты по возрасту вакциной раббивак по стандартной схеме, указанной в инструкции. В ходе исследований были выявлены наиболее распространенные представители паразитофауны, данные представлены в таблице ниже. Проводились как прижизненные методы исследования, так и паразитологическое вскрытие павших и убитых животных. Убой животных производили на подворье методом декапитации. При этом брали кровь на биохимический и гематологический анализ, а внутренние органы исследовали органолептически.

Исследование фекалий кроликов проводили методом флотации (метод основан на разнице плотностей флотационной жидкости яиц гельминтов и цист эймерий), а также методом последовательных промываний, на обнаружение личинок или яиц гельминтов. [10, С. 81.]

Статистическую обработку полученных результатов проводили с помощью программы STUDENT 200.

На основании проведенных исследований были получены следующие данные по зараженности кроликов в подсобных хозяйствах Смоленской области (таблица 1).

Таблица 1 – Зараженность и видовой состав паразитофауны кроликов в подсобных хозяйствах Смоленской области

№ п/п	Кол-во исследованных животных	Возраст животных, мес.	Вид паразита	Экстенсивность инвазии, %	Интенсивность инвазии, экз/в поле зрения.
1	10	0 – 1,5 мес	Eimeria perforans, E. media	100	120±25
2	10	1,5 – 6 мес.	Eimeria perforans, E. media	100	95±17 30±5
3	10	Старше 6 мес.	-	-	-

Анализируя данные, приведенные в таблице 1 можно сделать вывод, что исследуемый нами молодняк на 100% заражен кокцидиозом. При этом, хочется отметить, что все животные имели клеточное содержание, главным недостатком которого было то, что в качестве пола были использованы доски, а в качестве подстилки – сено, что способствовало естественному культивированию ооцист эймерий во внешней среде, а скученность содержания – высокой (100%) экстенсивности инвазии. Однако, какой либо породной закономерности в заражении выявлено не было. Что касается гельминтозов, то за исследуемый нами период (2017 год) данных паразитов выявлено не было, это обусловлено тем, что владельцы уделяют их профилактике довольно большое внимание, а по поводу эймериозов не достаточно осведомлены.

Также в одном из подсобных хозяйств был обнаружен ушной клещ, предположительно занесенный от импортного кролика.

На основании полученных нами результатов был поставлен опыт по эффективности препарата апрумвет (разработан на базе ФГБНУ Смоленский НИИСХ), при кокцидиозе кроликов. Данный препарат является комплексным и содержит в своем составе несколько действующих компонентов: кокцидиостатик ампролиум и нематодоцидный компонент – альбен. Изначально апрумвет использовался на диком кабане, но, так как препарат задавали диким животным, рассыпая его с кормом на подкормочных площадках, куда имеется доступ любым представителям фауны, в том числе и зайцам, его было решено испытать на домашних кроликах. [3, С. 214], [4, С. 128], [5, С. 145]

Ранее апрумвет был исследован на лабораторных крысах и мышах, была проведена его полная токсикологическая характеристика, а именно, установлена LD 50, которая составила свыше 10 000 мг/кг, что соответствует четвертому классу опасности. Установлено отсутствие эмбриотоксического действия (опыт проводили на беременных крысах-самках, которым с 1 по 7, с 8 по 14 и с 15 по 19 дни эмбриогенеза вводили препарат, индивидуально перорально, из расчета массы тела животного, в терапевтической дозе. На 20 день эмбриогенеза самки были убиты методом дислокации шейных позвонков, после этого плоды были извлечены из плодовместилищ и исследованы на наличие внутренних и внешних аномалий развития. Также, для изучения тератогенного действия провели исследования на белых мышах-альбиносах. При этом животные получали апрумвет в дозе кратной 1/5, 1/10 и 1/20 от LD50. По окончании опыта животные были умерщвлены, затем был извлечен костный мозг из бедренной кости и проведено исследование стадий митоза. При этом каких либо отклонений от контрольной группы обнаружено не было.). Данный препарат был исследован и на лабораторной модели *Aspicularis tetraptera*. В результате опыта были получены положительные результаты, а именно все испытуемые животные были полностью свободны от паразитов. Результаты исследований проводили как методом флотации фекалий, так и посмертного паразитологического вскрытия.

Таблица 2 – Противококцидиозная эффективность апрумвета в опыте на лабораторной модели

№ п/п	№ группы	Количество животных в группе	Доза препарата, мг/кг	Экстенсивность инвазии до обработки	Количество ооцист на голову после обработки
1	1	10	35	100	0
2	2	10	70	100	0
3	3	10	140	100	0
4	4	10	Контроль	100	82,0±16,05

Препарат задавали индивидуально, перорально, с помощью желудочного зонда, в течение 5 дней. Все животные были в возрасте от 1,5 до 2 мес и ранее в опытах не участвовали и противококцидиозной обработке не подвергались. Через 5 дней после последнего введения препарата у каждого животного был взят анализ кала на исследование методом флотации с помощью концентрированного раствора аммиачной селитры. По результатам исследования фекалий все животные полностью освободились от паразитов. [1, С. 89], [2, С. 420], [6]

Далее из каждой группы кроликов было убито 3 головы для проведения паразитологического вскрытия, отбора проб крови на биохимический анализ и отобраны внутренние органы для органолептического исследования. [7, С. 37], [8, С. 420], [9, С. 72] Данные представлены в таблице.

Таблица 3 – Биохимические показатели крови кроликов, после введения им препарата апрумвет

№ п/п	Наименование показателя	Группа 1	Группа 2	Группа 3
1	АЛТ, Е/л	56,08±23,11	62,32±11,03	68,54±25,13
2	АСТ, Е/л	46,08±14,23	51,65±09,21	44,57±15,01
3	Общий белок, г/л*	102,5±23,70	98,74±25,12	100,16±21,26
4	Глюкоза, моль/л	6,15±0,22	5,94±0,96	6,10±0,43
5	Щелочная ф-за, Е/л	15,35±0,11	16,32±1,28	14,63±1,19

Большинство данных, представленных в таблице 3 соответствуют среднему значению для данного вида животных, но при этом уровень белка значительно превышает норму. Это обусловлено тем, что в организме активно идут воспалительные процессы. Так как зараженные животные получали в качестве лечения только препарат апрумвет, являющийся кокцидиостатиком и не имеющий в своем составе каких либо противовоспалительных компонентов, процесс выздоровления животных несколько удлинился, хотя внешне проявлений клинических признаков не наблюдалось.

Таким образом, при проведении мониторинга паразитологической ситуации среди кроликов подсобных хозяйств Смоленского района Смоленской области были выявлены два вида кокцидий, которые были успешно пролечены с помощью нового препарата апрумвет.

Не указан.

None declared.

Список литературы / References

1. Дыбан А.П. Основные методические подходы к тестированию тератогенной активности химических веществ / Дыбан А.П., Баранов В.С., Акимов И.М. // Арх. анатом, гистол. эмбриол. 1970. - Т. 59, № 10. - С. 89-100.
2. Мельникова М.Ю. Антигельминтная эффективность лечебного корма апрумвет на лабораторной модели нематоды *Aspiculuris tetraptera*. / Мельникова М.Ю., Кротенков В.П. // Сборник материалов Международной научно-практической конференции «Инновации как фактор развития АПК и сельских территорий». – Смоленск: ФГБОУ ВПО «Смоленская ГСХА», 2013. – 420 с.
3. Велюханова Д.Н. Борьба за потребительскую безопасность мяса дикого кабана. / Велюханова Д.Н., Мельникова М.Ю. // Смоленск, 2014 – С. 214-218.
4. Мельникова М.Ю. Мониторинг паразитологической ситуации среди диких копытных в ООО «охотник» Починковского района Смоленской области. / Мельникова М.Ю., Кротенков В.П. // Сборник материалов международной научно-практической конференции «инновационное развитие АПК: проблемы и перспективы», 2016. – С. 128- 130.
5. Мельникова М.Ю. Эймериоз кабана Функционирование паразитарной системы. / Мельникова М.Ю., Кротенков В.П. // «Материалы докладов научной конференции» Теории и практика борьбы с паразитарными болезнями Москва 2017 с. 145-146.
6. Приказ МЗ СССР № 1179 от 10.10.1983 «Правила лабораторной практики».
7. Рекомендации для фармацевтических компаний по изучению биотрансформации и транспортеров новых лекарственных средств: дизайн исследований, анализ данных и внесение информации в инструкции по применению. М. - 2009. - С. 37.
8. Руководство по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ. Под общей редакцией чл.-корр. РАМН, проф. Р.У.Хабриева. 2-изд., перераб. и доп. -М.: -ОАО «Издательство "Медицина"». - 2005.
9. Фрольцова А.Е. Исследование специфической токсичности отечественного антигельминтного препарата медамина / Фрольцова А.Е., Лычко Н.Д., Лебедева М.Н. // Мед. паразитол. и паразитарные болезни. 1983. - № 3. - С. 72-74.
10. Якубовский М.В. Эффективность камбендазола при нематодозах свиней / Якубовский М.В. // Ветеринарная наука производству. - Минск: Ураджай. - 1983. -Вып. 21.-С. 81-83.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Duban A.P. Osnovnie metodicheskie podhodi k testirovaniu teratogennoi aktivnosti himicheskikh vechestv [Main methodological approaches to testing teratogenic activity of chemical substances] / Duban A.P., Baranov V.S., Akimov I.M. // arh. anatom, gistol embriol [Arch. anatomically, histol. Embryol] 1970. - Т. 59, № 10. - P. 89-100. [in Russian]
2. Melnikova M.Y. Antigelmintnaia effektivnost lechebnogo korma aprumvet na laboratornoi modeli nematode *Aspiculuris tetraptera* [Anthelmintic efficacy of medicinal feed apromote on the laboratory model nematodes *Aspiculuris tetraptera*] / Melnikova M.Y., Krotentkov V.P. // Sbornik materialov nauchno-prakticheskoi konferencii «Innovacii kak factor razvitia APK I selskih territorii» [Collection of materials of the International scientific and practical conference " Innovation as a factor of development of agriculture and rural areas"] – Smolensk FGBOY VPO «Smolenskaia GSHA», 2013. – p. 420 [in Russian]
3. Velyhanova D.N. Borba za potrebitelskuy bezopasnost miasa dikogo kabana [Fight for consumer safety of wild boar meat] Velyhanova D.N., Melnikova M.Y. // Smolensk, 2014. 214 p. [in Russian]
4. Melnikova M.Y. Monitoring parazitologicheskoi situacii sredi dikih kopitnuh v ООО «Ohotnik» Pochinkovskogo raiona Smolenskoi oblasti [Monitoring of parasitological situation among wild ungulates in the company "hunter" Pochinkovskogo district of Smolensk region.] / Melnikova M.Y., Krotentkov V.P. // Sbornik materialov nauchno-prakticheskoi konferencii «innovacionnoe razvitie APK: problemi I perspektivi» [Collection of materials of the international scientific and practical conference " innovative development of agriculture: problems and prospects] 2016. 128 p. [in Russian]
5. Melnikova M.Y. Eimerios kabana. Funkcionirovanie parasitarnoi sistemi [The Eimeria of wild boar Function of parasitic systems] / Melnikova M.Y., Krotentkov V.P. // Materiali dokladov nauchnoi konferencii Teoria I praktika borbu s parasitarnimi bolesniami [Proceedings of the scientific conference " Theory and practice of control of parasitic diseases] 2017. 145 p. [in Russian]
6. Prikaz MZ SSSR № 1179 ot 10.10.1983 «Pravila laboratornoi praktiki» [Order of the Ministry of health of the USSR № 1179 of 10.10.1983 "rules of laboratory practice"[in Russian].
7. Rekomendacii dlia farmecevticheskikh kompanii po isucheniu biotransformacii I transporterov novih lekarstvennih sredstv dizain issledovania, analis dannih I vnesenie informacii s instrukcii po primeneniiu [Recommendations for pharmaceutical companies on the study of biotransformation and transporters of new drugs: research design, data analysis and information in the instructions for use] M. 2009. S. 37 [in Russian]
8. Rukovodstvo po eksperimentalnomu (doklinicheskomu) isucheniu novih farmakologicheskikh vechestv [Guidelines for experimental (preclinical) study of new pharmacological substances.] pod obchei redakciei Habrieva R.U. [Under the General editorship of CHL.-Corr. Of medical Sciences, Professor R. Y. khabrieva. 2nd ed., pererab. I DOP. - M.: - JSC "Publishing house "Medicine"»] – 2005 [in Russian].
9. Frolcov A.E. Issledovanie specificheskoi toksichnosti otechestvennogo antigelmintnogo preparata medamina [Study of specific toxicity of domestic anthelmintic drug medamine] / Frolcov A.E., lichko N.D., Lebedeva M.N. // Med. Parasitologia I parasitarnie bolesni. [Honey. parasitol. and parasitic diseases] 1983.- 72 p. [in Russian]
10. Yakubovskii M.V. Effektivnost kambendasola pri nematodosah svinei [the Effectiveness of cambendazole for nematodes of pigs] / Jakubowski M. V. // Veterinarnay nauka proisvodstvu [Veterinary science production] 1983 S. 81-83 [in Russian].

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.76.10.023>

ПОДБОР ГЕНОВ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ *SALMONELLA ENTERITIDIS*

Научная статья

Семина А.Н.*

ORCID: 0000-0001-7641-9105,

Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт птицеводства - филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения Федерального научного центра «Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства» Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия

* Корреспондирующий автор (anna14.05[at]mail.ru)

Аннотация

В настоящее время одним из широко применяемых методов лабораторной диагностики сальмонеллёза является метод полимеразно цепной реакции (ПЦР). В данной работе показана возможность использования ПЦР в сочетании с методом секвенирования для выявления и последующей идентификации *Salmonella Enteritidis*. В качестве гена маркера для анализа проведя аналитический обзор был выбран ген *sefA*. Данная область содержит участки с высокой степенью консервативности, что является необходимым условием выбора праймеров для ПЦР. Предлагаемые праймеры обеспечивают выявление *Salmonella Enteritidis* в биологических материалах за короткий промежуток времени.

Ключевые слова: сальмонеллёз, птица, гены, ПЦР.

SELECTING GENES FOR *SALMONELLA ENTERITIDIS* IDENTIFICATION

Research article

Semina A.N.*

ORCID: 0000-0001-7641-9105,

All-Russian Scientific Research Veterinary Institute of Poultry Farming – Branch of the Federal State Budget Scientific Institution of the Federal Scientific Center “All-Russian Scientific and Technological Institute of Poultry Farming” Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia

* Corresponding author (anna14.05[at]mail.ru)

Abstract

Currently, polymerase chain reaction method (PCR) is one of the most widely used methods of laboratory diagnosis of salmonellosis. This paper shows the possibility of using PCR in combination with the sequencing method to detect and subsequently identify *Salmonella Enteritidis*. The *sefA* gene was selected as a marker gene for analysis after an analytical review. This field contains areas with a high degree of conservatism, which is a prerequisite for selecting primers for PCR. The proposed primers ensure the identification of *Salmonella Enteritidis* in biological materials within a short period.

Keywords: Salmonellosis, bird, genes, PCR.

Каждый год в обществе фиксируют рост заболеваемости сальмонеллёзом у животных и людей. Всемирная пандемия сальмонеллеза, связанная с яичной продукцией, началась в 70-х гг. и в настоящее время постепенно идет на снижение вследствие внедрения специальных программ применяемых правительством разных государств и птицеводческой индустрии. Заболевание в основном обусловлено сальмонеллами, принадлежащими к серотипу *S. Enteritidis* [1]. Этот серовар проявляет значительное воздействие на состояние здоровья из-за его возможности контаминировать яйца. Зачастую факторами болезни людей *S. Enteritidis* является: несоблюдение сохранения яиц, неправильное обращение с ними либо употребление яиц в пищу в сыром виде [2]. Высокая распространенность *S. Enteritidis* в столовых яйцах не полностью соответствует превалированию данного штамма у кур-несушек. Различные сероварианты сальмонелл (кроме *Enteritidis*) выделяют от зараженных несушек в 25-50% случаев, тогда как более чем 90% изолятов, выделенных из куриных яиц, относятся к серотипу *Enteritidis* [3]. Это доказывает, что *S. Enteritidis* обладает характерными особенностями, которые позволяют ей специфически взаимодействовать с репродуктивными органами кур, компонентами яиц, обеспечивая выживание и накопление в них. Контаминация яиц сальмонеллами происходит либо снаружи, либо внутри яйца. Поверхностное обсеменение, как правило, возникает при наличии сальмонелл в окружающей среде, либо при прохождении яйца по клоаке [4]. Присутствие сальмонелл внутри яйца обусловлено их проникновением непосредственно через скорлупу, или колонизацией репродуктивных органов. В данном случае инфицирования яиц сальмонеллами совершается в ходе их развития. Серовар *Enteritidis* значительно больше заселяет репродуктивные органы птицы согласно сопоставлению с иными серотипами. Помимо этого, данный представитель сальмонеллеза выделяется высокой выживаемостью в белке яйца, который обладает противомикробными качествами. Поэтому принято считать, что *S. Enteritidis* является ключевым патогенном, контаминирующим яйца. Очевидно, что серовар *Enteritidis* также обнаруживаются у бройлеров, и именно они представляют собой определенную проблему, связанную с пищевыми отравлениями людей [5]. Обширное распространение и финансовая значимость серотипа *S. Enteritidis* делают актуальной задачу скорого и надежного выявления возбудителя этого заболевания. Обнаружение *S. Enteritidis* в биологических объектах проводится способом полимеразно цепной реакции. В данной реакции применяются праймеры обладающие специфичностью на определенную область генома. Разнообразные гены сальмонелл могут быть использованы в качестве генетических маркеров. Некоторые ученые применяют способ идентификации *S. Enteritidis* согласно их генетическому маркеру – гену *srpA*. Данный ген располагается на большой плазмиде вирулентности, имеется у 80% изолятов сальмонелл. [6],

[7]. Имеются ряд сведений об использовании способа ПЦР с целью раскрытия сальмонелл в области гена *invA*, используемого для инвазии [8], [9]. Имеются сообщения о применении видоспецифической части гена *fimA*, которая используется с целью идентификации сальмонелл, шифрующий главную субъединицу фимбрий, что имеется у абсолютно всех агентов семейства сальмонелл и в том числе и у не обладающих жгутиков агентов [10]. Также может быть использована детекция гена *sefA* для идентификации таких сероваров как: *S. Enteritidis*, *S. Pullorum* и *S. Gallinarum*.

Исследование филогенетических деревьев, созданных в базе последовательностей генов *invA* и *sefA*, указывает, то что данная зона хромосомы сальмонелл была получена сальмонеллами вследствие горизонтального перенесения ещё вплоть до дифференциации в серовары внутри *S. Enterica*, а никак не вследствие дальнейшего перенесения среди штаммов разных сероваров, по этой причине свойственные изменения локализованных в их генах, возможно рассматривать генетическими маркерами сероваров.

Подбор генов мишеней осуществляли в ряд стадий: подбор генов-мишеней с целью идентификации *S. Enteritidis*; подбор олигонуклеотидных праймеров; определение условий проведения ПЦР с целью обнаружения *S. Enteritidis*.

Подбор генов-мишеней с целью идентификации S. Enteritidis.

Главным условием патогенности *S. Enteritidis* считается умение формировать низкокопийные высокомолекулярные плазмиды, кодирующие условия вирулентности. Этот фактор находится в хромосоме, его выработка закодирована на гене *sefA*. Отталкиваясь от данного свойства в качестве мишеней для подбора уникальных олигонуклеотидных последовательностей были выбраны участки гена *sefA*, кодирующие РНК-полимеразу и рибосомальные белки.

Вследствие рассмотрения имеющейся информации нуклеотидных последовательностей были отобраны специфические праймеры - «SEFA-1» и «SEFA-2» с целью отличительной амплификации ДНК гена *sefA*. Праймеры амплифицируют фрагмент ДНК *sefA* длиной 420 п.н. Общетеоретическое исследование комплиментарности праймеров гена *sefA*, выполненные с помощью компьютерных программ, выявил наибольшую их гомологию с избранными ДНК-мишенями.

Состав подобранных праймеров удовлетворяет общепризнанным законам: отсутствие самокомплементарности 3'-концов любого олигонуклеотида, отсутствие комплементарности 3'-точек прямых и обратных праймеров, отсутствие второстепенных строений, отсутствие тупоплавких повторов (наиболее 3-х GC) в 3'-окончании любого праймера, отсутствие неоднократных AT (либо GC)-повторов внутри любого праймера.

Подбор олигонуклеотидных праймеров

Выбранные последовательности олигонуклеотидов показали гомологию только с геном *sefA* и никак не установлено их существенной гомологии с нуклеотидными последовательностями генов иных микроорганизмов, микробов либо эукариотов. Специфичность оценивали с помощью специализированных программ FASTA и BLAST on-line. Исходя из теоретических расчетов, предложенные праймеры должны иметь 100% специфичность.

Определение условий проведения ПЦР с целью обнаружения S. Enteritidis

Установлено, то что результативность ПЦР находится в зависимости от температуры отжига праймеров, их концентрации, насыщенности ионов Mg^{2+} , а кроме того от количества циклов амплификации и количественного соотношения ДНК-матрицы. Для получения стабильных результатов необходимо было модифицировать эти параметры.

Объем ионов Mg^{2+} модифицировали с 0,5 мМ вплоть до 2,5 мМ. Как правило, с увеличением концентрации Mg^{2+} , прослеживается повышение концентрации специфического продукта взаимодействия, то, что отмечалось и в этом случае. Подходящей концентрацией Mg^{2+} для тестируемых праймеров, которая гарантирует большую отдачу специфического продукта реакции в отсутствии добавочных не специфических фрагментов подобрана концентрация 1 мМ.

Результативность амплификации присутствие различных температурах отжига исследовали в отдельности для каждой пары праймеров. В качестве ДНК-матрицы применяли поочередные 10-ти кратные разведения ДНК *S. Enteritidis*. Изменение температуры отжига праймеров в спектре с 50°C вплоть до 59°C на восприимчивость теста не оказывало влияния, в случае как повышение температуры отжига вплоть до 62°C понижало восприимчивость амплификации ДНК *sefA*. Вместе с тем, при температуре отжига 50°C, в абсолютно всех вариантах прослеживались неспецифические части. В итоге проделанных исследований была установлена наилучшая температура отжига, равная 57°C, присутствие которой в одинаковой мере благополучно функционируют как праймеры «SEFA-1», так и праймеры «SEFA-2», то что разрешило в последующем совместить их в одной консервативной консистенции. С целью уменьшения себестоимости теста и избежания вероятных неспецифических взаимодействий была выбрана наилучшая концентрация праймеров.

Число праймеров в реакционной смеси модифицировали с 2 вплоть до 15 пмоль. Подходящее содержание праймеров «SEFA-1», «SEFA-2» в реакционной смеси - 1 пмоль. В процессе эксперимента определено, что повышение количества праймеров до 15 пмоль понижало восприимчивость ПЦР в 10 раз, а уменьшение количества праймеров до 1 пкм никак не воздействовало на чувствительность реакции.

С целью установления специфичности подобранных олигонуклеотидных праймеров использовали культуру бактерий *Salmonella Enteritidis*, имеющихся в коллекции микроорганизмов отдела микробиологии ВНИВИП. Экстрагирование ДНК с суспензии клеточных линий и лиофилизированного штамма сальмонелл применяли комплект реагентов "ДНК-сорб В" («Амплисенс», Рф). Анализировали продукты амплификации методом горизонтального электрофореза в 1,5 - 1,8% агарозном геле и 10X TBE буфере, включая бромистый этидий в концентрации 0,25 мкг/мл, с дальнейшей регистрацией итогов гель-документирующей системе. Амплифицированные фрагменты ДНК выявляются в виде светящихся оранжевых полос. Содержащими культуру бактерии *Salmonella Enteritidis* считались пробы, у которых полосы в геле располагались на уровне полосы маркера соответствующих 420 п.н.

В результате проведенной работы были определены основные гены-мишени (гена *sefA*) и на их основании подобраны специфические праймеры («SEFA-1» и «SEFA-2») с помощью которых можно идентифицировать

Salmonella Enteritidis. Подобранные нами уникальные последовательности олигонуклеотидов позволяют с высокой специфичностью в течение 8 часов проводить выявление Salmonella Enteritidis.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Rapid outbreak assessment. Unusual increase of Salmonella Mikawasima infections in humans // European Centre for Disease Prevention and Control, Stockholm, 28 November 2013. – P. 1–9.
2. Lan R. Population structure, origins and evolution of major Salmonella enterica clones / Lan R., Reeves P. R., Octavia S // Infect Genet Evol. – 2009. – Vol. 9(5). – P. 996–1005.
3. Julie R. Recent Multistate Outbreaks of Human Salmonella Infections Acquired from Turtles: A Continuing Public Health Challenge / R. Julie // Clinical Infectious Diseases. – 2010. – Vol. 50. – P. 554–559.
4. Knutsson R. Detection of Salmonella spp. in fecal specimens by use of real-time polymerase chain reaction assay / R. Knutsson, H. Grage, J. Hoorfar // Am. J. Vet. Res. – 2002 – Vol. 63. – P. 1265–1268.
5. Herrera-Leo S. Multiplex PCR for Distinguishing the Most Common Phase-1 Flagellar Antigens of Salmonella spp. / S. Herrera-Leo, J.R. McQuiston, M. A. Usera // J. Clin. Microbiol. – 2004. – Vol. 42, No. 6. – P. 2581–2586.
6. Hoorfar J. Automated 5' Nuclease PCR Assay for Identification of Salmonella enterica/ Hoorfar J., Ahrens P., Radstrom P. // J. Clin. Microbiol. – 2000. – Vol. 38, No. 9. – P. 3429–3435.
7. Kim S. Multiplex PCR-Based Method for Identification of Common Clinical Serotypes of Salmonella enterica subsp. Enterica / S. Kim, J. G. Frye, J. Hu // J. Clin. Microb. – 2006. – P. 3608–3615.
8. Malorny B. Diagnostic Real-Time PCR for Detection of Salmonella in Food / B. Malorny, E. Paccassoni, P. Fach e.a. // Appl. Environm. Microbiol. – 2004. – Vol. 70, No. 12. – P. 7046–7052.
9. Rapid risk assessment. Multi-country outbreak of Salmonella Stanley infections // European Centre for Disease Prevention and Control, Stockholm, 27 July 2012. – P. 1–6.
10. Hopkins K.L. Standardisation of multilocus variable-number tandem-repeat analysis (MLVA) for subtyping of Salmonella enterica serovar Enteritidis / Hopkins K. L., Peters T. M., de Pinna E. and others // Euro Surveill. – 2011. – Vol. 16(32).

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.76.10.024>**РЕДКИЕ МЕТАЛЛЫ В ТЕХНОГЕННО-ТРАНСФОРМИРОВАННЫХ ВОДАХ ЖИРЕКЕНСКОГО, ШАХТАМИНСКОГО И БУГДАЙНСКОГО МОЛИБДЕНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ (ВОСТОЧНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ)**

Научная статья

Чечель Л.П.*

ORCID: 0000-0002-4150-6871,

Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, Чита, Россия

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

Аннотация

В пределах нарушенных горной отработкой территорий Жирекенского, Шахтаминского и Бугдаинского молибденовых месторождений сформировались кислые, околонеутральные и слабощелочные воды преимущественно сульфатного анионного состава. Максимальные концентрации редких металлов свойственны кислым высокоминерализованным подотвальным дренажным стокам Бугдаинского месторождения. В них зафиксировано преимущественное накопление редкоземельных элементов, кадмия, лития, галлия и рубидия. Изучено фракционирование редкоземельных элементов и показано существенное отличие конфигураций их профилей в воде и породе. Практическая значимость проведенного исследования обусловлена решением задачи сохранения водных ресурсов в условиях воздействия горного производства, а также необходимостью выявления возможных сырьевых источников редких металлов.

Ключевые слова: редкие металлы, техногенные воды, молибденовые месторождения, подотвальный дренаж, хвостохранилище.

RARE METALS IN TECHNOGENICALLY TRANSFORMED WATER OF ZHYREKENSKY, SHAKHTAMINSKY AND BUGDAINSKY MOLYBDENUM DEPOSITS (EASTERN TRANSBAIKAL)

Research article

Chechel L.P.*

ORCID: 0000-0002-4150-6871,

Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology of the Siberian Branch of the RAS, Chita, Russia

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

Abstract

Acid, near-neutral and slightly alkaline waters of predominantly sulfate anionic composition have been formed within the limits of the mining operations of the Zhyrekensky, Shakhtaminsky and Bugdainsky molybdenum deposits. Maximum concentrations of rare metals are characteristic of highly mineralized acidic sub-dump drainage effluents of the Bugdainsky deposit. Here predominant accumulation of rare-earth elements, cadmium, lithium, gallium, and rubidium is recorded. The fractionation of rare-earth elements is studied, and a significant difference in the configurations of their profiles in water and rock is shown. The practical significance of the study is due to the solution of the problem of preserving water resources regarding the mining production impact, as well as the necessity to identify possible raw materials sources of rare metals.

Keywords: rare metals, industrial waters, molybdenum deposits, sub-dump drainage, tailing pond.

Введение

Сравнительно позднее открытие и освоение редких элементов промышленностью объясняется их малой распространенностью и рассеянностью и связанными с этим технологическими трудностями извлечения. Большая часть редких элементов представлена металлами, к которым в настоящее время относят, как правило, 36 химических элементов [9, С. 79]: Li, Be, Sc, V, Ga, Ge, Se, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Cd, In, Te, Cs, La и лантаноиды, Hf, Ta, Re, Tl, Bi.

Забайкальский край – старейший горнорудный регион, на его долю приходится около трети запасов молибдена России, активная добыча которого велась в прошлом и на некоторых объектах продолжается до настоящего времени. Отходы горного производства, складированные на прилегающих территориях, а также дренажные стоки горных выработок и фильтрация из заброшенных карьеров являются, с одной стороны, источниками загрязнения окружающей среды, а с другой – перспективным объектом для получения ценных элементов, в том числе редких металлов. *Целью* данной работы явилось изучение распространенности редких металлов в техногенно-трансформированных водах молибденовых месторождений Восточного Забайкалья.

Объекты и методы исследования

Рассматриваемые объекты расположены в восточной части Забайкальского края (см. рис. 1). На Шахтаминском и Жирекенском месторождениях в прошлом велась промышленная отработка. Оба рудника в настоящее время закрыты. На Бугдаинском месторождении велась только опытная добыча.

Месторождения приурочены к гранитоидам шахтаминского и амананского (J_{2-3}) рудоносных комплексов, характеризующихся редкометальной геохимической специализацией [2, С. 575], [3, С. 772], [5, С. 113, 125]. Жирекенское и Шахтаминское месторождения относятся к группе существенно молибденовых месторождений Су-Мо-порфировой формации. Главными рудными минералами на Жирекенском месторождении являются молибденит,

халькопирит и пирит [7, С. 185]. На Шахтаминском месторождении наиболее распространенные рудные минералы – молибденит, пирит, сфалерит, галенит, халькопирит [8, С. 191]. Бугдаинское W-Мо месторождение приурочено к центральной части вулcano-купольной структуры, прорванной гранитоидами шахтаминского интрузивного комплекса. Наиболее распространенными рудными минералами являются пирит, галенит, сфалерит, молибденит [5, С. 114].

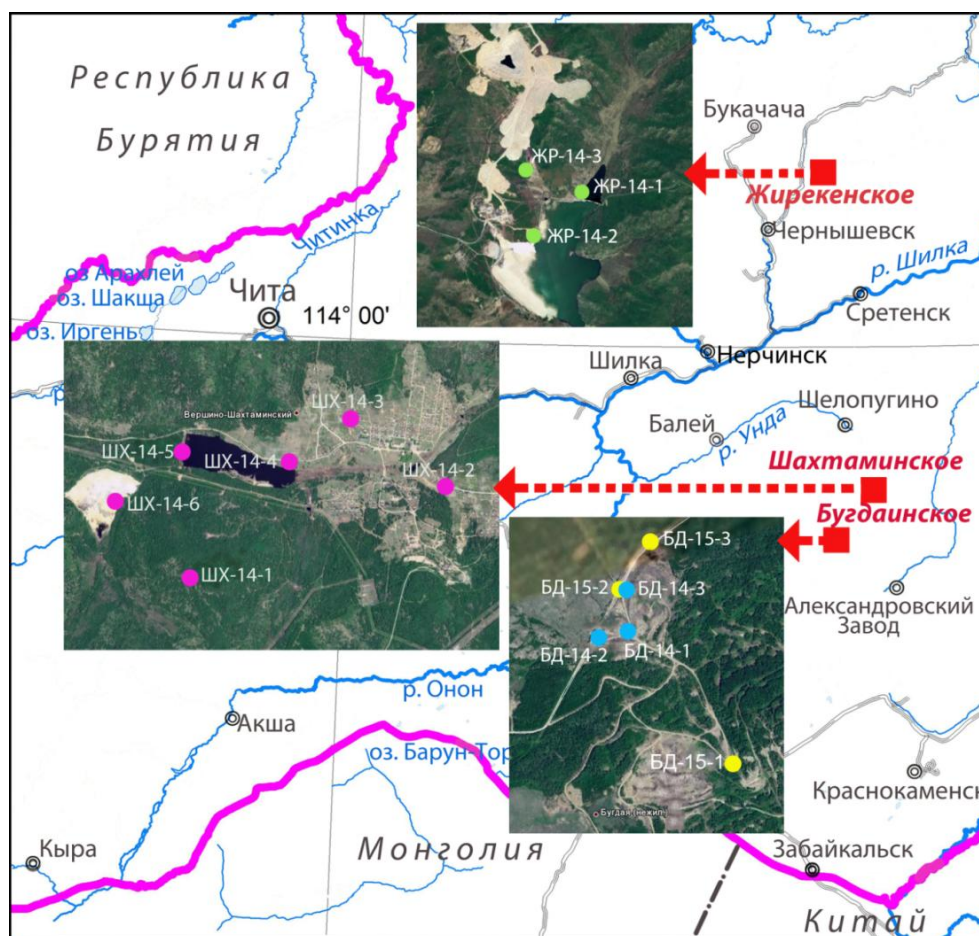


Рис. 1 – Географическое положение месторождений

В исследованных районах были опробованы воды, дренирующие отвалы горных пород, прудов хвостохранилищ, поверхностные и подземные воды. Химико-аналитические исследования вод проводились общепринятыми методами в Институте природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН (г. Чита). Дополнительно выполнялся анализ методом ICP-MS в Институте геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН (г. Иркутск).

Результаты исследования и их обсуждение

Воды, формирующиеся в пределах Шахтаминского и Жирекенского месторождений, характеризуются повышенными значениями pH [5, С. 410]. В хвостохранилище и подотвальном дренаже Жирекенского ГОКа вода имеет слабощелочную реакцию (pH 7,7-7,8), на Шахтаминском месторождении величина pH техногенных вод изменяется от слабокислых до слабощелочных значений (pH 5,7-8,1). Наиболее кислые воды (pH<4) зафиксированы в дренажном стоке породных отвалов Бугдаинского месторождения. В пределах исследованных территорий преобладают сульфатные воды: $\text{SO}_4\text{-Mg-Ca}$ на Бугдаинском, $\text{SO}_4\text{-}$ и $\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Mg-Ca}$ на Шахтаминском, $\text{SO}_4\text{-}$ и $\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Na-Ca}$ на Жирекенском месторождениях. По величине минерализации воды варьируют от ультрапресных (<0,2 г/л) на Шахтаминском до пресных и солоноватых на Жирекенском (0,5-1,3 г/л) и Бугдаинском (0,8-2,2 г/л) месторождениях.

Согласно [2, С. 575], [3, С. 772] гранитоидам шахтаминского и амананского рудоносных комплексов свойственны высокие содержания Rb, Cs, Sr и легких РЗЭ (La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu) и напротив – пониженные концентрации Sc, Y, Zr, Hf, Nb, Ta и тяжелых РЗЭ (Y, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu).

Наиболее высокие концентрации редких металлов зафиксированы в водах, дренирующих породные отвалы на Бугдаинском (см. рис. 1 – БД-14-1, БД-14-3, БД-15-2) и Жирекенском (рис. 1 – ЖР-14-3) и водах пруда верхнего хвостохранилища на Шахтаминском (см. рис.1 – ШХ-14-6) месторождениях (Таблица). Максимальные содержания свойственны (в порядке убывания): Sr, Cd, Rb, Li, ΣREE – на Шахтаме, Sr, Li, Rb, Cd, Re, ΣREE , Se – на Жирекене, ΣREE , Cd, Y, Sr, Li, Sc, Rb, Be, Ga – на Бугдае. При этом концентрации редких металлов в водах подотвальных дренажей на Бугдаинском месторождении на порядки выше тех, что отмечались в нейтральных и слабощелочных условиях двух других месторождений.

Сравнение содержаний редких металлов с кларками речной воды [6, С. 9] показало значительное превышение для Ga, Cd, Sc, Y и лантаноидов в кислых подотвальных водах Бугдаинского месторождения (см. рис. 2а).

Неблагоприятные геохимические условия (нейтральные и щелочные значения pH) для накопления редких металлов в водах двух других месторождений определяют заметно меньшие превышения их концентраций.

Таблица 1 – Диапазон колебаний концентраций редких металлов и коэффициентов распределения лантаноидов в водах молибденовых месторождений

Параметр	Месторождение		
	Шахтаминское	Жирекенское	Шахтаминское
Li, мкг/л	0,21–8,46 (3,50)	14,3–45,7 (25,0)	2,40–718 (215)
Be	0,001-0,35 (0,07)	0,016-0,036 (0,024)	0,49-46,7 (15,7)
Sc	0,004-0,078 (0,03)	0,007-0,009 (0,008)	0,07-98,2 (19,7)
V	0,05-0,42 (0,26)	0,15-0,24(0,20)	0,08-0,57 (0,14)
Ga	0,005-0,031 (0,02)	0,014-0,046 (0,026)	0,08-16,9 (4,82)
Ge	0,007-0,012 (0,01)	0,05-0,088 (0,071)	0,02-2,46 (0,59)
Se	0,014-0,15 (0,08)	0,04-3,61 (1,47)	0,89-4,69 (1,52)
Rb	3,54-12,4 (6,83)	15,9-32,8 (23,4)	5,91-74,9 (50,5)
Sr	95,3-678,5 (335,1)	424,9-1832 (1151)	62,6-761,9 (471,8)
Y	0,06-0,55 (0,33)	0,05-1,56 (0,58)	3,38-1967 (609,0)
Zr	0,022-0,54 (0,20)	0,04-0,25 (0,14)	0,14-3,23 (1,21)
Nb	–	0,0024	0,001-0,02 (0,007)
Cd	0,13-37,2 (7,31)	1,69-15,0 (8,18)	29,0-2758 (613,0)
Cs	0,06-0,55 (0,22)	1,89-3,12 (2,70)	0,15-5,79 (4,52)
Hf	0,0003-0,018 (0,006)	0,001-0,005 (0,003)	0,11-4,97 (1,29)
Ta	0,0002-0,002 (0,0006)	0,0001-0,0005 (0,0002)	0,001-1,18 (0,30)
Re	0,009-0,079 (0,05)	0,49-5,35 (3,28)	0,01-1,32 (0,42)
Bi	0,01-0,077 (0,033)	0,0025-0,0032 (0,0028)	0,004-0,044 (0,024)
La	0,10-0,93 (0,44)	0,07-1,20 (0,45)	3,14-2139 (671,1)
Ce	0,15-1,26 (0,70)	0,09-1,80 (0,67)	4,72-3014 (1063)
Pr	0,02-0,18 (0,09)	0,012-0,22 (0,08)	0,59-431,6 (133,3)
Nd	0,07-0,72 (0,35)	0,04-0,89 (0,33)	2,31-1675(512,5)
Sm	0,012-0,13 (0,06)	0,008-0,14 (0,055)	0,42-328,8 (98,7)
Eu	0,002-0,022(0,013)	0,004-0,025 (0,011)	0,10-90,0 (256,0)
Gd	0,012-0,12 (0,06)	0,01-0,16 (0,06)	0,47-429,7 (121,5)
Tb	0,002-0,015 (0,009)	0,001-0,024 (0,009)	0,08-67,9 (19,5)
Dy	0,01-0,094 (0,053)	0,07-0,13 (0,052)	0,47-369,7 (109,9)
Ho	0,002-0,018 (0,01)	0,002-0,032 (0,012)	0,09-69,6 (20,4)
Er	0,006-0,056(0,03)	0,005-0,10 (0,04)	0,27-199,8 (57,4)
Tm	0,0008-0,009 (0,004)	0,0006-0,002 (0,005)	0,04-25,1 (7,34)
Yb	0,005-0,062 (0,033)	0,004-0,087 (0,034)	0,25-154,8 (46,0)
Lu	0,0009-0,010 (0,005)	0,0006-0,014 (0,006)	0,04-24,7 (7,10)
$\sum \text{REE}$	0,40-3,27 (1,88)	0,25-4,85 (1,83)	13,0 – 9020 (2893)
Lan/Ybn	0,98-2,07 (1,32)	0,72-1,46 (1,29)	0,93-1,95 (1,41)
Eu/Eu*	0,73-1,09 (0,86)	0,73-1,97 (0,83)	0,98-1,05 (1,03)
Ce/Ce*	0,62-1,06 (0,74)	0,71-0,87 (0,75)	0,68-0,81 (0,77)

Примечание: в таблице показаны – минимальные, максимальные и средние (в скобках) значения концентраций компонентов, «–» – содержание ниже предела обнаружения метода; $\sum \text{REE}$ – суммы лантаноидов; La_n/Yb_n – отношение, нормированное по NASC; $\text{Eu}/\text{Eu}^* = 2(\text{Eu}_n)/(\text{Sm}_n + \text{Gd}_n)$; $\text{Ce}/\text{Ce}^* = 2(\text{Ce}_n)/(\text{La}_n + \text{Pr}_n)$.

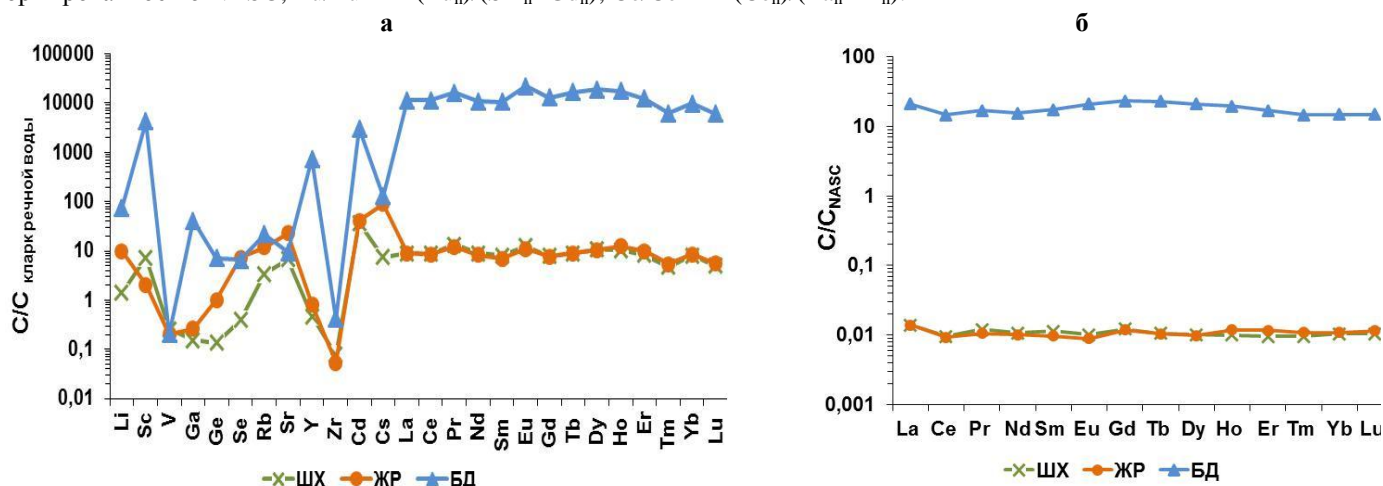


Рис. 2 – Спектры распределения элементов в водах Шахтаминского (ШХ), Жирекенского (ЖР) и Бугдаинского (БД) месторождений при нормировании:

а) на кларк речной воды; б) на североамериканский сланец (NASC)

Техногенные воды на Шахтаминском месторождении характеризуются накоплением Sc, Rb, Sr, Cd и лантаноидов, на Жирекенском – Li, Se, Rb, Sr, Cd, Cs и лантаноидов.

Профили распределения редкоземельных элементов в рассматриваемых водах в значительной степени отличаются от их спектров в гранитоидах рудоносных комплексов. Распределение в водах характеризуется пологой конфигурацией профилей (см. рис. 2 б, таблица – La_n/Yb_n), тогда как спектры распределения редкоземельных элементов в гранитоидах имеют выраженный отрицательный наклон: $La_n/Yb_n = 9,6-20,0$ на Жирекенском, 11-47 на Шахтаминском и 5,1-75,5 на Бугдаинском месторождениях [2, С. 579], [3, С. 773], [1, С. 1305].

Конфигурации спектров распределения лантаноидов при нормировании на кларки речных вод либо североамериканский сланец отличаются незначительно. Для исследованных вод, за редким исключением, характерны цериевые минимумы (Таблица – Ce/Ce^* , см. рис. 2б). Их появление в водах объясняют обычно частичным окислением Ce^{3+} до Ce^{4+} и, как следствие, более активным удалением его из водных растворов совместно с гидроокислами железа [10, С. 527]. Слабо выраженные отрицательные европиевые аномалии на Шахтаме и Жирекене (Таблица – Eu/Eu^* , см. рис. 2б), соответствуют распределению в породах и рудах месторождений [1, С. 1306], [2, С. 579], [3, С. 772].

Заключение

Отработка молибденовых месторождений способствовала усилению водной миграции рудных элементов, в том числе редких и редкоземельных металлов, максимальные концентрации которых зафиксированы в кислых высокоминерализованных дренажных стоках Бугдаинского месторождения. Проведенные исследования позволяют рассматривать их в качестве возможного источника добычи редких металлов.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Абрамов Б.Н. Особенности распределения редкоземельных элементов в породах и рудах Бугдаинского молибденового месторождения (Восточное Забайкалье) / Б.Н. Абрамов // Успехи современного естествознания. – 2015. – № 1. – С. 1303-1307.
2. Берзина А.П. Жирекенская Мо-порфировая рудно-магматическая система (Восточное Забайкалье) / А.П. Берзина, А.Н. Берзина, В.О. Гимон и др. // Геология и геофизика. – 2015. – Т. 56. – № 3. – С. 571-594.
3. Берзина А.П. Шахтаминская Мо-порфировая рудно-магматическая система (Восточное Забайкалье): источники, генетические особенности / А.П. Берзина, А.Н. Берзина, В.О. Гимон и др. // Геология и геофизика. – 2013. – Т. 54. – № 6. – С. 764-786.
4. Замана Л.В. Гидрогеохимия зоны техногенеза молибденовых месторождений Восточного Забайкалья / Л.В. Замана, Л.П. Чечель // Современные проблемы гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии Евразии: материалы Всероссийской конференции с международным участием с элементами научной школы. Томск, 2015. С. 409-413.
5. Коваленкер В.А. Минералогия и условия формирования золотоносного W-Мо порфирового Бугдаинского месторождения (Восточное Забайкалье, Россия) / В.А. Коваленкер, Г.Д. Кисилева, Т.Л. Крылова // Геология рудных месторождений. – 2011. – Т. 53. – № 2. – С. 107-142.
6. Соловов А.П. Справочник по геохимическим поискам полезных ископаемых / А.П. Соловов, А.Я. Архипов, В.А. Бугров и др. – М.: Недра, 1990. – 335 с.
7. Сотников В.И. Жирекенское медно-молибденовое месторождение. Месторождения Забайкалья (в 2 книгах) / В.И. Сотников, А.П. Берзина, А.Н. Берзина и др. – М.: Геоинформмарк, 1995. – Т. I. – Кн. I. – С. 180-186.
8. Сотников В.И. Шахтаминское молибденовое месторождение. Месторождения Забайкалья (в 2 книгах) / В.И. Сотников, А.П. Берзина, А.Н. Берзина и др. – М.: Геоинформмарк, 1995. – Т. I. – Кн. I. – С. 187-192.
9. Усова Т.Ю. Редкие металлы и их месторождения / Т.Ю. Усова // Соросовский образовательный журнал. – 2001. – Т. 7. – № 11. – С. 79-85.
10. Чудаева В.А. Особенности накопления и фракционирования редкоземельных элементов в поверхностных водах Дальнего Востока в условиях природных и антропогенных аномалий / В.А. Чудаева, О.В. Чудаев // Геохимия. – 2011. – № 5. – С. 523-549.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Abramov B.N. Osobennosti raspredeleniya redkozemel'nykh ehlementov v porodah i rudah Bugdainskogo molibdenovogo mestorozhdeniya (Vostochnoe Zabajkal'e) [The particularities of rare earth elements distribution in the breeds and ores of Bugdainsky molybdenum deposit (Eastern Transbaikalia)] / B.N. Abramov // Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya [The successes of modern natural science]. – 2015. – № 1. – P. 1303-1307. [in Russian]
2. Berzina A.P. Zhirekensskaya Mo-porfirovaya rudno-magmaticheskaya sistema (Vostochnoe Zabajkal'e) [Zhireken Mo-porphry ore-magmatic system (Eastern Transbaikalia)] / A.P. Berzina, A.N. Berzina, V.O. Gimon and others // Geologiya i geofizika [Geology and Geophysics]. – 2015. – Vol. 56. – № 3. – P. 571-594. [in Russian]
3. Berzina A.P. Shahtaminskaya Mo-porfirovaya rudno-magmaticheskaya sistema (Vostochnoe Zabajkal'e): istochniki, geneticheskie osobennosti [Shakhtaktinskaya Mo-porphry ore-magmatic system (Eastern Transbaikalia): sources, genetic features] / A.P. Berzina, A.N. Berzina, V.O. Gimon and others // Geologiya i geofizika [Geology and Geophysics]. – 2013. – Vol. 54. – № 6. – P. 764-786. [in Russian]
4. Zamana L.V. Gidrogeohimiya zony tekhnogeneza molibdenovykh mestorozhdenij Vostochnogo Zabajkal'ya [Hydrogeochemistry of technogenesis zone of molybdenum deposits of Eastern Transbaikalia] / L.V. Zamana, L.P. CHEchel' // Sovremennyye problemy gidrogeologii, inzhenernoj geologii i gidrogeoehkologii Evrazii: materialy Vserossiyskoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem s ehlementami nauchnoj shkoly [Modern problems of hydrogeology, engineering geology and

hydrogeoecology of Eurasia: materials of the all-Russian conference with international participation with elements of the scientific school]. – Tomsk, 2015. – pp. 409-413. [in Russian]

5. Kovalenker V.A. Mineralogiya i usloviya formirovaniya zolotonosnogo W-Mo porfirovogo Bugdainskogo mestorozhdeniya (Vostochnoe Zabajkal'e, Rossiya) [Mineralogy and formation conditions of gold-bearing W-Mo porphyry bugdainsky Deposit (Eastern Transbaikalia, Russia)] / V.A. Kovalenker, G.D. Kisileva, T.L. Krylova and others // Geologiya rudnyh mestorozhdenij [Geology of ore deposits]. – 2011. – Vol. 53. – № 2. – P. 107–142. [in Russian]

6. Solovov A.P. Spravochnik po geohimicheskim poiskam poleznyh iskopaemyh [Handbook of geochemical prospecting for minerals] / A.P. Solovov, A.Ya. Arhipov, V.A. Bugrov and others. – Moscow: Nedra, 1990. – 335 p. [in Russian]

7. Sotnikov V.I. Zhirekenskoe medno-molibdenovoe mestorozhdenie. Mestorozhdeniya Zabajkal'ya (v 2 knigah) [Zhireken copper-molybdenum Deposit. Deposits of Transbaikalia (in two books)] / V.I. Sotnikov, A.P. Berzina, A.N. Berzina and others. – Moscow: Geoinformmark, 1995. – Vol. I. – Book I. – P. 180-186. [in Russian]

8. Sotnikov V.I. Shahtaminskoe molibdenovoe mestorozhdenie. Mestorozhdeniya Zabajkal'ya (v 2 knigah) [Shahtaminskoe molybdenum deposit. Deposits of Transbaikalia (in two books)] / V.I. Sotnikov, A.P. Berzina, A.N. Berzina and others. – Moscow: Geoinformmark, 1995. – Vol. I. – Book I. – P. 187-192. [in Russian]

9. Usova T.Yu. Redkie metally i ih mestorozhdeniya [Rare metals and their deposits] / T.Yu. Usova // Sorosovskij obrazovatel'nyj zhurnal [Soros educational magazine]. – 2001. – Vol. 7. – № 11. – P. 79-85. [in Russian]

10. Chudaeva V. A. Osobennosti nakopleniya i frakcionirovaniya redkozemel'nyh ehlementov v poverhnostnyh vodah Dal'nego Vostoka v usloviyah prirodnyh i antropogennyh anomalij [Features of accumulation and fractionation of rare earth elements in the surface waters of the Far East under natural and anthropogenic anomalies] / V. A. Chudaeva, O.V. Chudaev // Geohimiya [Geochemistry]. – 2011. – № 5. – P. 523–549. [in Russian]