

№ 5 (83) ▪ 2019

Часть 1 ▪ Май

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ЖУРНАЛ**

INTERNATIONAL RESEARCH JOURNAL

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

Екатеринбург
2019



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

**№ 5 (83) 2019
Часть 1
Май**

Дата выхода 20.05.2019
Подписано в печать 15.05.2019
Тираж 200 экз.
Цена: бесплатно.
Заказ 28711.
Отпечатано с готового оригинал-макета.
Отпечатано в типографии "А-принт".
620049, г. Екатеринбург, пер. Лобачевского, д. 1.

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

Номер свидетельства о регистрации в Федеральной Службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций: **ПН № 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 (Нижегород, Россия);
Федорова Е.А. д-р техн. наук, проф., Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет (Нижегород, 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);
Лукиянова М.И. д-р пед. наук, Ульяновский государственный педагогический университет им. И.Н. Ульянова (Ульяновск, Россия);
Ходакова Н.П. д-р пед. наук, проф., Московский городской педагогический университет (Москва, Россия).

Психологические науки:

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

Физико-математические науки:

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

Географические науки:

Умывакин В.М. д-р геогр. наук, к.техн.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);
Мещерекова О.М. д-р юрид. наук, Всероссийская академия внешней торговли (Москва, Россия);
Ерғашев Е.Р. д-р юрид. наук, проф., Уральский государственный юридический университет (Екатеринбург, Россия).

Сельскохозяйственные науки:

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

Социологические науки:

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

Химические науки:

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

Науки о Земле:

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

Экономические науки:

Бурда А.Г. д-р экон. 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).

**Екатеринбург
2019**

ОГЛАВЛЕНИЕ

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ / PHYSICS AND MATHEMATICS

Федоров В.М. АППРОКСИМАТИВНЫЕ СВОЙСТВА ПРОКСИМИНАЛЬНЫХ ПОДПРОСТРАНСТВ БЕСКОНЕЧНОЙ РАЗМЕРНОСТИ	6
---	---

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ / ENGINEERING

Алмакаева Р.Н., Золотухина Е.Б. РАЗРАБОТКА ФОРМАЛИЗОВАННОГО ОПИСАНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССА ПО ФОРМИРОВАНИЮ СВОДНОГО ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА ДЛЯ ОРГАНА ГОСУДАРСТВЕННОЙ ВЛАСТИ	11
Горчаков Г.В. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В СОЛИТОННЫХ ЛИНИЯХ СВЯЗИ	18
Засс В.М. ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ СВЕРХДЛИННЫХ ОДНОПРОЛЕТНЫХ ЛИНИЙ СВЯЗИ МЕТОДОМ МОДЕЛИРОВАНИЯ	22
Исаева М.Ф. О ВНУТРЕННИХ УГРОЗАХ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ	26
Савинкова Е.А., Кабанова Т.Б. СВОЙСТВА ВЯЗКОСТИ РАССОЛОВ, СОДЕРЖАЩИХ МОЛОЧНО-БЕЛКОВУЮ СМЕСЬ «MILANA 100»	29
Белов Ю.Н., Цапкина А.Ю. ОПТИМИЗАЦИЯ ВЫБОРА ВАРИАНТА МОДЕРНИЗАЦИИ МЕСТНОЙ СЕТИ СВЯЗИ	32
Шмелев С.А., Шалимов В.Э., Буклагин Д.С., Дунаев А.В. КОНЦЕПЦИЯ СОЗДАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ВЫСОКОТОЧНЫХ РАСХОДОМЕРОВ ТОПЛИВА ДЛЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ	37

НАУКИ О ЗЕМЛЕ / SCIENCE ABOUT THE EARTH

Божков Н.И. ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ИНТЕГРАЦИИ ИНВАЛИДОВ В ОБЩЕСТВО	43
Толкачёв Г.Ю. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПОРОВЫХ РАСТВОРОВ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ И ПОДЗЕМНЫХ ВОД НА КАЧЕСТВО ВОДЫ ИВАНЬКОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА	48

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ / BIOLOGY

Алиев А.С., Грудинин М.П., Комиссаров А.Б., Забродская Я.А., Шалджян А.А., Алиева А.К. КЛОНИРОВАНИЕ И ЭКСПРЕССИЯ В E.COLI РЕКОМБИНАНТНОГО БЕЛКА VP1 ВИРУСА ИНФЕКЦИОННОЙ АНЕМИИ	53
Алияскаров М., Сариева М., Дженбаев Б.М., Упали С.А., Сунил Н.С. МНОГОМЕРНЫЙ АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА ВОДЫ ОЗЕРА ИССЫК-КУЛЬ	62
Афонин А.А., Гостева Е.С., Ларина Е.С. РИТМИЧНОСТЬ НАРАСТАНИЯ ГОДИЧНЫХ ПОБЕГОВ ИВЫ ТРЕХТЫЧИНКОВОЙ (SALIX TRIANDRA L.) КАК ФАКТОР ОПТИМИЗАЦИИ ПЕСТИЦИДНОЙ НАГРУЗКИ В НАСАЖДЕНИЯХ ИНТЕНСИВНОГО ТИПА	67
Бахшалиева А.Я. ТИМОАНАЛЕПТИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ЭКСТРАКТА ШАФРАНА У ЖИВОТНЫХ С ТИПОЛОГИЧЕСКИМ СТАТУСОМ	76
Гаджиева Э.Т. ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ БИОГЕННЫХ АМИНОВ В ГИПОТАЛАМУСЕ КРОЛИКОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СРОКАХ ПИЩЕВОЙ И ПИТЬЕВОЙ ДЕПРИВАЦИИ И ЕЕ ОТМЕНЕ	81
Нененко Н.Д., Гимаев А.А. ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕРМАТОГЛИФИЧЕСКИХ И СОМАТОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВАТЕРПОЛИСТОК ПОДРОСТКОВОГО ПЕРИОДА РАЗЛИЧНЫХ ИГРОВЫХ АМПЛУА	85

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ / CHEMISTRY

Чигорина Т.М. СИНТЕЗ ДИОКСИМА ДЕКАГИДРОАКРИДИНДИОНА	89
--	----

МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ / MEDICINE

Настас А.Ф.

ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОСТ КАРДИОХИРУРГИЧЕСКИХ ГНОЙНО-СЕПТИЧЕСКИХ ИНФЕКЦИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОСНОВНОГО ДИАГНОЗА..... 93

Потехина М.Н.

ОЦЕНКА ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ И РЕАБИЛИТАЦИОННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ БОЛЬНЫХ С ДИАГНОЗОМ ДЦП: АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ (НА ОСНОВании ОПРОСА РОДИТЕЛЕЙ БОЛЬНЫХ В ДРКБ № 1)..... 100

Чиряпкин А.С., Глушко А.А., Чиряпкин В.С., Гендугов Т.А.

РАСПРЕДЕЛЕННЫЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ БЕЛКОВЫХ СТРУКТУР В ФАРМАЦИИ И МЕДИЦИНЕ 104

Чупина М.С., Гудовских Н.В., Толмачёв Д.А

ОПРЕДЕЛЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОГО ВОЗРАСТА У ПЕНСИОНЕРОВ..... 108

ВЕТЕРИНАРНЫЕ НАУКИ / VETERINARY SCIENCE

Ездакова И.Ю., Попова Е.В., Григорьев А.Г., Ковайкина В.М.

ВЗАИМОСВЯЗИ ИММУНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОСТОВАКЦИНАЛЬНОГО ИММУННОГО ОТВЕТА У ОВЕЦ 111

Рыжова Д.Д.

ВЕТЕРИНАРНО-САНИТАРНАЯ ОЦЕНКА БАРАНИНЫ ПОСЛЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНОЙ ДОБАВКИ «ЙОДДАР» 115

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ / AGRICULTURAL SCIENCES

Денисова Е. В.

ОПТИМИЗАЦИЯ АГРОЛАНДШАФТОВ АЛЕКСЕЕВСКОГО РАЙОНА ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ 119

Козлова Е.А., Морозова В.С., Симахин М.В., Ракипов Н.Г.

ОСОБЕННОСТИ РАЗМНОЖЕНИЯ И ВЫРАЩИВАНИЯ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ЛИСТОСТЕБЕЛЬНЫХ МХОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ДЕКОРАТИВНОМ САДОВОДСТВЕ..... 123

Ревина Г.Б., Асташенкова Л.И.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТРАВΟΣМЕСЕЙ И МИНЕРАЛЬНО-ВИТАМИННЫХ ПРЕМИКСОВ В СОСТАВЕ ЗИМНИХ РАЦИОНОВ ЛАКТИРУЮЩИХ КОРОВ ГОЛШТИНСКОЙ ПОРОДЫ 130

Рублюк М.В., Иванов Д.А., Карасева О.В.

ВЛИЯНИЕ КОМПОСТА МНОГОЦЕЛЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА АГРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ В ОСУШАЕМОМ АГРОЛАНДШАФТЕ 135

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.83.5.001>

АППРОКСИМАТИВНЫЕ СВОЙСТВА ПРОКСИМИНАЛЬНЫХ ПОДПРОСТРАНСТВ БЕСКОНЕЧНОЙ РАЗМЕРНОСТИ

Научная статья

Федоров В.М. *

ORCID: 0000-0002-4586-6591,

МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

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

Аннотация

Для подпространств L бесконечной размерности в банаховом пространстве получены характеристические свойства существования элементов наилучшего приближения. В качестве приложения доказывается, что в пространстве $C(T)$ непрерывных функций на связном хаусдорфовом компакте T чебышевское подпространство $L \subset C(T)$ бесконечной размерности, у которого аннулятор L^\perp сепарабельный и содержит минимальное тотальное подпространство, является гиперплоскостью $L = \ker(\alpha)$ строго положительного функционала $\alpha \in L^\perp$.

Ключевые слова: аннулятор, сепарабельность, размерность, коразмерность, проксиминальное подпространство, чебышевское подпространство.

APPROXIMATIVE PROPERTIES OF PROXIMAL SUBSPACES OF INFINITE DIMENSION

Research article

Fedorov V.M. *

ORCID: 0000-0002-4586-6591,

Faculty of Mechanics and Mathematics, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

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

Abstract

For subspaces L of infinite dimension in a Banach space, the authors obtained the characteristic properties of the existence of elements of the best approximation. As an application, they prove that, in the space $C(T)$ of continuous functions on a connected Hausdorff compactum T , the Chebyshev subspace $L \subset C(T)$ of infinite dimension, the annihilator L^\perp of which is separable and contains the minimal total subspace, is a hyperplane $L = \ker(\alpha)$ of a strictly positive functional $\alpha \in L^\perp$.

Keywords: annihilator, separability, dimension, codimension, proximal subspace, Chebyshev subspace.

Введение

Пусть $L \subset E$ есть замкнутое подпространство банахова пространства E . Обозначим через $\hat{E} \doteq E/L$ факторпространство смежных классов $\hat{x} = x + L$ по подпространству L и через $\|\hat{x}\| \doteq \inf_{z \in L} \|x + z\|$ норму в факторпространстве \hat{E} . Подпространство $L \subset E$ называется *проксиминальным*, если для любого $x \in E$ множество $P_L(x) \doteq \{y \in L \mid \|x - y\| = \|\hat{x}\|\}$ не пусто, и называется *чебышевским*, если для любого $x \in E$ множество $P_L(x)$ состоит из одного элемента.

Используя компактность конечномерного шара, можно показать, что всякое конечномерное подпространство $L \subset E$ является проксиминальным. Проблема характеристики бесконечномерных проксиминальных подпространств является достаточно трудной задачей и решена только для подпространств конечной коразмерности [1, 2, 3]. Указанные там характеристики являются обобщением результатов, полученных ранее для классических нормированных пространств, таких, как пространство $C(T)$ непрерывных функций на хаусдорфовом компакте T и пространство $L_1(X, \mu)$ интегрируемых функций по Лебегу на измеримом пространстве (X, μ) с -конечной мерой μ [4], [5], [6]. Нашей задачей является нахождение необходимых и достаточных условий проксиминальности для подпространств, имеющих бесконечную размерность, у которых аннулятор L^\perp содержит минимальное, замкнутое и тотальное подпространство. В частности, для подпространств, у которых аннулятор является рефлексивным.

Основные результаты

Аннулятор $L^\perp \doteq \{f \in E^* \mid f(x) = 0, x \in L\}$ подпространства L изометричен сопряженному пространству $L^\perp \cong \hat{E}^*$ [7, С. 110] и его шар радиуса $r > 0$, т.е. множество $\hat{S}_r^* \doteq \{\alpha \in \hat{E}^* \mid \|\alpha\| \leq r\}$, является слабо* компактным в сопряженном пространстве \hat{E}^* [8, С. 459]. Далее мы будем предполагать, что аннулятор L^\perp является сепарабельным и обозначим через $\hat{S}^* \doteq \hat{S}_1^*$ единичный шар в \hat{E}^* .

Подпространство $F \subset \hat{E}^*$ называется *тотальным*, если из условия $\alpha(\hat{x}) = 0$ при всех $\alpha \in F$ вытекает $\hat{x} = 0$. Тотальность $F \subset \hat{E}^*$ равносильна его слабой* плотности в \hat{E}^* [8, С. 457; 9, С. 198]. Характеристикой $\chi_F > 0$ подпространства $F \subset \hat{E}^*$ называется верхняя грань чисел $0 < r \leq 1$, т.ч. слабое* замыкание \bar{T} множества $T \doteq F \cap \hat{S}^*$ содержит шар \hat{S}_r^* [9, С. 275]. Подпространство $F \subset \hat{E}^*$ называется *минимальным*, если оно замкнуто и тотально, при этом не имеет собственных замкнутых и тотальных подпространств.

Лемма 1

Если аннулятор содержит минимальное, замкнутое и тотальное подпространство $F \subset L^\perp$, то для любого $\alpha \in L^\perp$ он содержит также такое минимальное, замкнутое и тотальное подпространство $F_1 \subset L^\perp$, что $\alpha \in F_1$.

Доказательство. Известно [9, С. 275], что пространство \hat{E} тогда и только тогда изоморфно сопряженному пространству F^* , когда существует минимальное, замкнутое и тотальное подпространство $F \subset \hat{E}^*$ положительной характеристики. При этом изоморфизм $\hat{J}: \hat{E} \rightarrow F^*$ является каноническим, т.е. задается по формуле $\hat{J}(\hat{x}) \doteq \delta_{\hat{x}}|_F$ ограничения функционала Дирака $\delta_{\hat{x}} \in \hat{E}^{**}$ на подпространство F . В этом случае, пространство $\hat{E}^{**} \cong F^* \oplus F^\perp$ изоморфно прямой сумме F^* и F^\perp .

Пусть $\alpha \in \hat{E}^* \setminus F$. Рассмотрим ненулевой функционал $f \in \hat{E}^{**} \setminus (F^* \cup F^\perp)$, не принадлежащий аннулятору F^\perp и образу F^* канонического вложения $\hat{J}: \hat{E} \rightarrow \hat{E}^{**}$. Тогда линейная оболочка $F_1 \doteq \text{sp}\{\alpha, \ker f \cap F\}$ задает такое подпространство в \hat{E}^* , которое содержит α и его аннулятор в \hat{E} равен нулю. Так как $F^* \cap F_1^\perp = 0$, то $\hat{E}^{**} \cong F^* \oplus F_1^\perp$. Поэтому $F_1 \subset \hat{E}^*$ будет минимальным, замкнутым и тотальным подпространством положительной характеристики [9, С. 275].

Обозначим через $C(T)$ пространство непрерывных и ограниченных функций на множестве T и определим отображение $\Phi: E \rightarrow C(T)$ по формуле $\Phi(x) \doteq \varphi$, где $x \in E$ и $\varphi(t) \doteq t(x)$ при всех $t \in T$. Рассмотрим образ оператора $\Phi(E) \doteq M$. Поскольку множество $B \doteq \Phi(S)$ выпукло, симметрично и поглощает M , где S есть единичный шар E , то функционал Минковского $\|\varphi\| \doteq \inf\{\lambda > 0 \mid \varphi \in \lambda B\}$ определяет норму в подпространстве M . При этом $\|\varphi\|_C \doteq \sup_{t \in T} |\varphi(t)| \leq \|\varphi\|$.

Лемма 2

Отображение $\Phi: E \rightarrow C(T)$ задает слабо компактный оператор, его факторотображение $\hat{\Phi}: \hat{E} \rightarrow M$ является изометрическим оператором, норма в M эквивалентна индуцированной норме из $C(T)$, а если характеристика подпространства F равна $\chi_F = 1$, то эти нормы совпадают.

Доказательство. Поскольку $\|\Phi(x)\|_C \leq \|x\|$, то оператор ограничен. Пусть $\Phi^{**}: E^{**} \rightarrow C^{**}(T)$ обозначает второй сопряженный оператор. Если $f \in E^{**}$, то существует ограниченная сеть $\{x_i\}_{i \in I}$, которая слабо* сходится к f [8, С. 460]. Поэтому в силу слабой* непрерывности оператора Φ^{**} [8, стр. 515]

$$\Phi^{**}(f) = \lim_{i \in I} \Phi^{**}(\delta_{x_i}) = \lim_{i \in I} \delta_{\Phi(x_i)} = \lim_{i \in I} \delta_{\varphi_i} = \delta_f|_T,$$

где $\Phi(x_i) = \varphi_i$ и $\varphi_i(t) = t(x_i) \rightarrow f(t)$ при всех $t \in T$. Здесь $\delta_x \in E^{**}$ обозначает функционал Дирака $\delta_x(\alpha) \doteq \alpha(x)$ на сопряженном пространстве E^* . Поскольку единичный шар S^{**} слабо* компактен, то его образ $\Phi^{**}(S^{**})$ будет слабо* компактным в пространстве $C^{**}(T)$. Применяя формулу $\Phi^{**}J = J\Phi$ [8, С. 516] и слабую* плотность множества $J(S)$ в шаре S^{**} [8, С. 460], где $J(x) \doteq \delta_x$ каноническое вложение $J: E \rightarrow E^{**}$ во второе сопряженное пространство E^{**} , получим, что образ $\Phi(S) \subset C(T)$ является относительно слабо компактным. Таким образом, оператор Φ является слабо компактным.

Если $x \in E$, то для любого $\varepsilon > 0$ существует $y \in L$, т.ч. $\|x - y\| < \|\hat{x}\| + \varepsilon$. Тогда имеем $\Phi(x) = (\|\hat{x}\| + \varepsilon) \Phi\left(\frac{x-y}{\|\hat{x}\|+\varepsilon}\right) \in (\|\hat{x}\| + \varepsilon)B$ и значит $\|\Phi(x)\| \leq \|\hat{x}\|$. С другой стороны, пусть $\Phi(x) \in \lambda B$, где $\lambda > 0$. Тогда существует $y \in S$, т.ч. $\Phi(x) = \lambda \Phi(y)$. Тогда в силу тотальности подпространства $F \subset \hat{E}^*$ мы получим включение $z \doteq x - \lambda y \in L$ и, следовательно, имеем $\|\hat{x}\| \leq \|x - z\| = \|\lambda y\| \leq \lambda$, т.е. $\|\hat{x}\| \leq \|\Phi(x)\|$. Таким образом, имеет место равенство $\|\hat{\Phi}(\hat{x})\| = \|\hat{x}\|$.

Поскольку норма пространства M совпадает с нормой пространства \hat{E} и при любом $0 < r < \chi_F$ выполняется включение $\hat{S}_r^* \subset \bar{T}$, то имеют место неравенства

$$\|\hat{\Phi}(\hat{x})\|_C \leq \|\hat{x}\| = \sup_{t \in S} |t(\hat{x})| = \frac{1}{r} \sup_{t \in \hat{S}_r^*} |t(\hat{x})| \leq \frac{1}{r} \sup_{t \in \bar{T}} |t(\hat{x})| = \frac{1}{r} \|\hat{\Phi}(\hat{x})\|_C.$$

Поэтому норма в M эквивалентна индуцированной норме из $C(T)$.

Замечание

Выполняя композицию сопряженного отображения $\hat{\Phi}^*: M^* \rightarrow \hat{E}^*$ и естественной изометрии $\hat{E}^* \rightarrow L^\perp$, получим изометрию $M^* \rightarrow L^\perp$ по формуле $\alpha(x) = \alpha(\hat{x}) = \hat{\Phi}^* \mu(\hat{x}) = \mu(\hat{\Phi}(\hat{x})) = \mu(\Phi(x))$, где $x \in E$, $\alpha \in L^\perp$ и $\mu \in M^*$. Это замечание позволяет напрямую доказать изометрию $\hat{\Phi}^*: M^* \rightarrow \hat{E}^*$. В самом деле, имеем $\|\alpha\| = \sup_{x \in S} |\alpha(x)| = \sup_{x \in S} |\mu(\Phi(x))| = \sup_{\varphi \in B} |\mu(\varphi)| = \sup_{\varphi \in B} |\mu(\varphi)| = \|\mu\|$.

Пусть $F \subset \hat{E}^*$ образует минимальное, замкнутое и тотальное подпространство. Тогда каноническое отображение $\hat{J}_F: \hat{E} \rightarrow F^*$, заданное формулой $(\hat{J}_F \hat{x})(t) \doteq t(\hat{x})$ при всех $t \in F^*$, является изоморфизмом банаховых пространств \hat{E} и F^* , а также в их слабых* топологиях $\sigma(\hat{E}, F)$ и $\sigma(F^*, F)$ соответственно [10, С. 246].

Поэтому отображение $\hat{\Phi}: \hat{E} \rightarrow N^*$ является также изоморфизмом пространств в соответствующих топологиях. Следовательно, имеем $M = N^*$ и отображение $I: N^* \rightarrow M$ ограничения функций на множество $T = F \cap \hat{S}^*$ будет изоморфизмом. При этом пространство N^* естественно отождествляется с пространством M , в котором сходимости последовательности функций в слабой* топологии $\sigma(M, N)$ равносильна ее ограниченности и поточечной сходимости на множестве T .

Поскольку в силу теоремы Банаха-Штейнгауза [11, С. 283] пространство N^* секвенциально слабо* полно, то пространство M секвенциально полно в слабой* топологии $\sigma(M, N)$. Если последовательность $\{\varphi_n\}_{n=1}^\infty \subset B$ сходится в слабой* топологии $\sigma(M, N)$, то ее поточечный предел $\lim_{n \rightarrow \infty} \varphi_n(t) = \varphi(t)$ при всех $t \in T$ удовлетворяет неравенству $\|\varphi\|_C \leq 1$ и принадлежит $\varphi \in M$. Поскольку образ единичного шара при каноническом отображении \hat{J}_F является всюду плотным в слабой* топологии в единичном шаре F^* [12, С. 320], то B плотно в слабой* топологии в единичном шаре N^* . Если характеристика $\chi_F < 1$, то множество B не может быть слабо* компактным и слабо* полным в топологии $\sigma(M, N)$.

Теорема 1

Для замкнутого подпространства $L \subset E$, у которого размерность $\dim(L) = \infty$ и коразмерность $\dim(\hat{E}) > 1$, следующие условия эквивалентны:

- а) подпространство L является проксиминальным в пространстве E ;
- б) множество $B \subset M$ является замкнутым в слабой топологии $C(T)$ для всякого замкнутого и тотального подпространства $F \subset L^\perp$;
- с) множество $B \subset M$ является полным в слабой топологии $C(T)$ для всякого минимального, замкнутого и тотального подпространства $F \subset L^\perp$;
- д) множество $B \subset M$ является компактным в слабой топологии $C(T)$ для всякого минимального, замкнутого и тотального подпространства $F \subset L^\perp$;
- е) если функционал $\alpha \in N$ и последовательность функций $\{\varphi_n\}_{n=1}^\infty \subset B$, т.ч. $\lim_{n \rightarrow \infty} \alpha(\varphi_n) = \|\alpha\|$, то $\overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \beta(\varphi_n) \leq \sup_{\psi \in \Xi(\alpha)} \beta(\psi)$ при всех $\beta \in N$ и для любого минимального, замкнутого и тотального подпространства $F \subset L^\perp$.

Здесь $\Xi(\alpha) \doteq \{\varphi \in B \mid |\alpha(\varphi)| = \|\alpha\|\}$ обозначает экстремальное множество, т.е. множество элементов, в которых функционал α достигает своей нормы.

Доказательство. Покажем, что из условия а) следует б). Так как множество B является выпуклым, то его замкнутость в слабой топологии пространства $C(T)$ вытекает из замкнутости в топологии пространства M , а поскольку по лемме 2 индуцированная норма из $C(T)$ эквивалентна норме M , то достаточно доказать замкнутость множества B в пространстве M . Допустим, что $\Phi(x) = \varphi \in \bar{B} \setminus B$, где $x \in E$ замыкание \bar{B} берется в пространстве M . Тогда по лемме 2 получим $\|\varphi\| = \|\hat{x}\| \leq 1$ и не существует элемента $y \in S$, т.ч. $\Phi(y) = \Phi(x)$. Так как в силу тотальности F равенство $\Phi(y) = \Phi(x)$ равносильно включению $x - y \in L$, то для всякого $z \in L$ получим $x - z \notin S$. Следовательно, $\|x - z\| = \|y\| > 1 \geq \|\hat{x}\|$, т.е. множество $P_L(x) = \emptyset$ пусто, что противоречит условию а).

Покажем, что из условия б) следует а). Из слабой замкнутости множества B в пространстве $C(T)$ следует его замкнутость в пространстве $C(T)$, а поскольку по лемме 2 индуцированная норма из $C(T)$ эквивалентна норме в M , то множество B является замкнутым в пространстве M . Пусть $x \in E$ и $\|\hat{x}\| = 1$. Применяя по лемму 2 и замкнутость множества B в пространстве M , мы имеем включение $\Phi(x) = \varphi \in B = \bar{B}$. Следовательно, существует такой $y \in S$, что $\Phi(x) = \Phi(y)$. Поэтому в силу тотальности подпространства $F \subset \hat{E}^*$ имеет место включение $z \doteq x - y \in L$. Отсюда следует, что $\|x - z\| = \|y\| \leq 1 = \|\hat{x}\|$, т.е. $z \in P_L(x)$. Таким образом, подпространство L является проксиминальным.

Покажем, что условие б) равносильно каждому из условий с) и д). Так как пространство \hat{E}^* сепарабельно и норма M эквивалентна индуцированной норме из $C(T)$, то сопряженное пространство M^* будет замкнутой линейной оболочкой последовательности непрерывных функционалов $\{\alpha_i\}_{i=1}^\infty$ из пространства $C^*(T)$. Следовательно, для доказательства слабой компактности множества $B \subset C(T)$ достаточно показать, что любая последовательность $\{\varphi_n\}_{n=1}^\infty \subset B$ содержит такую подпоследовательность $\{\varphi_{n_k}\}_{k=1}^\infty$, для которой последовательность чисел $\alpha_i(\varphi_{n_k})$ сходится при всех $i = 1, 2, \dots$.

Для доказательства этого утверждения применяем диагональный метод Кантера. Сначала из последовательности чисел $\alpha_1(\varphi_n)$ выбираем сходящуюся подпоследовательность $\alpha_1(\varphi_n^{(1)})$ при $i = 1$. Затем из последовательности чисел $\alpha_2(\varphi_n^{(1)})$ выбираем сходящуюся подпоследовательность $\alpha_2(\varphi_n^{(2)})$ при $i = 2$, и так далее продолжаем по индукции. В результате этого образуется бесконечная таблица функций $\{\varphi_n^{(i)}\}_{i,n=1}^\infty$, из которой мы выбираем диагональные элементы $\{\varphi_n^{(n)}\}_{n=1}^\infty$. Тогда последовательность $\alpha_i(\varphi_n^{(n)})$ сходится при всех $i = 1, 2, \dots$.

Применяя критерий слабой сходимости в пространстве M , мы получим, что существует предел $\lim_{n \rightarrow \infty} \alpha(\varphi_n) = \alpha(\varphi)$ при всех $\alpha \in M^*$. В частности, существует предел $\lim_{n \rightarrow \infty} \varphi_n(t) = \varphi(t)$ при всех $t \in T$. Так как по теореме Банаха-Штейнгауза [11, С. 283] пространство N^* секвенциально слабо* полно, то пространство M секвенциально полно в слабой* топологии $\sigma(M, N)$, а- поэтому функция $\varphi \in M$. В силу условия слабой замкнутости множества B в пространстве $C(T)$ получим $\varphi \in B$. Таким образом, из условия б) вытекает каждое из условий с) и д).

Обратно, если выполняется с) или д), то из слабой полноты множества B в пространстве $C(T)$ или из слабой компактности B в пространстве $C(T)$ вытекает слабая замкнутость множества B в пространстве $C(T)$, т.е. имеет место б).

Покажем, что из условия б) следует е). Предположим, что существует такая последовательность $\{\varphi_n\}_{n=1}^\infty \subset B$, что $\lim_{n \rightarrow \infty} \alpha(\varphi_n) = \|\alpha\|$, но функционал $\beta \in N$, удовлетворяет неравенству $\overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \beta(\varphi_n) > \sup_{\psi \in \Xi(\alpha)} \beta(\psi)$. Применяя свойство д), мы можем выбрать такую подпоследовательность $\{\varphi_{n_k}\}_{k=1}^\infty$, что $\lim_{n \rightarrow \infty} \gamma(\varphi_{n_k}) = \gamma(\varphi)$ при всех $\gamma \in M^*$ и $\overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \beta(\varphi_n) = \lim_{n \rightarrow \infty} \beta(\varphi_{n_k}) = \beta(\varphi)$. Докажем, что $\varphi \notin B$.

Пусть $\varphi \doteq \Phi(x)$ и $t \doteq \Phi^*(\alpha)$. Тогда, если $\psi \doteq \Phi(y) \in B \setminus \Xi(\alpha)$, где $y \in S$, то выполняется строгое неравенство $(\Phi(y))(t) < (\Phi(x))(t)$, поскольку

$$(\Phi(y))(t) = t(y) = \alpha(\psi) < \|\alpha\| = \lim_{n \rightarrow \infty} \alpha(\varphi_n) = \alpha(\varphi) = t(x) = (\Phi(x))(t).$$

Пусть $\varphi \doteq \Phi(x)$ и $s \doteq \Phi^*(\beta)$. Тогда, если $\psi \doteq \Phi(y) \in \Xi(\alpha)$, где $y \in S$, то также выполняется строгое неравенство $(\Phi(y))(s) < (\Phi(x))(s)$, поскольку

$$s(y) = \beta(\psi) \leq \sup_{\psi \in \Xi(\alpha)} \beta(\psi) < \overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \beta(\varphi_n) = \lim_{k \rightarrow \infty} \beta(\varphi_{n_k}) = \beta(\varphi) = s(x).$$

Следовательно, мы имеем $\varphi \notin B$. Таким образом, получили противоречие.

Покажем, что из е) следует б). Пусть $\varphi \in \bar{B} \setminus B$, тогда $\|\varphi\| = 1$ и существует последовательность $\{\varphi_n\}_{n=1}^\infty \subset B$, т.ч. $\lim_{n \rightarrow \infty} \gamma(\varphi_n) = \gamma(\varphi)$ при всех $\gamma \in N$. По теореме Хана-Банаха [11, С. 232] существует $\alpha \in M^*$, т.ч. $\alpha(\varphi) = \|\alpha\| = 1$. Тогда по лемме 1 можно считать, что $\alpha \in N$, и значит $\lim_{n \rightarrow \infty} \alpha(\varphi_n) = \alpha(\varphi) = 1$.

Так как $\Xi(\alpha)$ и $-\Xi(\alpha)$ являются выпуклыми, непересекающимися и слабо* компактными подмножествами множества B , то выпуклая оболочка $\text{co}(K) \subset B$ множества $K \doteq \Xi(\alpha) \cup (-\Xi(\alpha))$ является слабо* компактным

подмножеством B [9, С. 104]. Поэтому для доказательства условия б) достаточно показать, что $\varphi \in \text{co}(K)$. Предположим, что это включение не выполняется, т.е. $\varphi \notin \text{co}(K)$.

По теореме отделимости существует такой $\beta \in M^*$, что $\beta(\varphi) > \sup_{\psi \in \text{co}(K)} \beta(\psi)$. Применяя конструкцию доказательства леммы 1, можно считать, что $\alpha, \beta \in N$. Тогда имеем $\lim_{n \rightarrow \infty} \beta(\varphi_n) = \beta(\varphi) > \sup_{\psi \in \text{co}(K)} \beta(\psi) \geq \sup_{\psi \in \Xi(\alpha)} \beta(\psi)$, что невозможно по условию, и мы получили противоречие.

Теорема 2

Пусть аннулятор $L^\perp \subset C^*(T)$ чебышевского подпространства $L \subset C(T)$ бесконечной размерности в пространстве непрерывных функций на связном хаусдорфовом компактном множестве T содержит минимальное, замкнутое и тотальное подпространство $F \subset L^\perp$. Тогда $F = L^\perp$, размерность $\dim(F) = 1$ и подпространство L образует гиперплоскость $L = \ker(\alpha)$, для которой $\alpha \in L^\perp$ является строго положительным функционалом.

Доказательство. Так как $L \subset C(T)$ является чебышевским подпространством, то существует такая функция $\varphi \in C(T)$, что $\|\varphi - v\| \geq \|\varphi\| = 1$ при всех $v \in L$. В силу теоремы Хана-Банаха [11, С. 232] найдется функционал $\alpha \in L^\perp$, т.ч. $\alpha(\varphi) = \|\alpha\| = 1$. При помощи леммы 1 мы можем считать, что $\alpha \in F$.

Поскольку факторпространство $\overline{C(T)} = C(T)/L$ изоморфно сопряженному пространству $\overline{C(T)} \cong F^*$ и аннулятор изометрически изоморфен $L^\perp \cong \overline{C(T)}^*$ сопряженному пространству, то экстремальное множество $\Xi(\alpha)$ функционала α будет выпуклым и слабо* компактным множеством в пространстве $\overline{C(T)}$. По теореме Крейна-Мильмана [8, С. 477] существует крайняя точка $\hat{\omega} \in \text{ex}(\Xi(\alpha))$ в множестве $\Xi(\alpha)$. Тогда $\omega - P_L(\omega)$ является крайним подмножеством границы единичного шара $S \subset C(T)$ [2, С. 903], а поскольку подпространство $L \subset C(T)$ является чебышевским, то это множество состоит из одной точки, которая будет крайней точкой границы шара S . В силу связности компакта T существуют только две крайние точки ± 1 на границе шара S и по построению $\varphi \in \Xi(\alpha)$. Поэтому можно считать функцию $\varphi = 1$ крайней точкой границы шара S .

По теореме Рисса-Маркова существует аддитивная борелевская мера μ на компакте T , т.ч. $\alpha(\psi) = \int \psi d\mu$ при всех $\psi \in C(T)$ и ее вариация $|\mu| = \|\alpha\| = 1$ [8, С. 288]. Так как $\alpha(1) = \mu(T) = |\mu| = \|\alpha\| = 1$, то мера μ неотрицательна. Докажем, что $\ker(\alpha) = L$. Предположим, что некоторый элемент $\varphi \in \ker(\alpha)$ не принадлежит L . Поскольку подпространство L является проксиминальным, то, вычитая из φ элемент наилучшего приближения подпространством L , можно считать, что $\|\varphi - v\| \geq \|\varphi\| = 1$ при всех $v \in L$. Тогда, применяя аналогичные рассуждения, как и выше, мы получим, что $\varphi = \pm 1$ и значит $\alpha(\varphi) = \alpha(\pm 1) \neq 0$. Это противоречит условию $\varphi \in \ker(\alpha)$. Таким образом, $\ker(\alpha) = L$.

Если $\alpha(\psi) = 0$, где функция $\psi \geq 0$ и не равна нулю, то $\text{supp}(\alpha) \subset \text{zero}(\psi)$, что противоречит единственности наилучшего приближения [12, С. 649]. Таким образом, функционал $\alpha > 0$ является строго положительным.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Singer I. On best approximation in normed linear spaces by elements of subspaces of finite codimension / I. Singer // Rev. Roum. Math. Pures Appl. – 1972. – 17. – №8. – P. 1245-1256.
2. Godini G. Characterizations of proximal subspaces in normed linear spaces / G. Godini // Rev. Roum. Math. Pures Appl. – 1973. – 18. – №6. – P. 901-906.
3. Indumathi V. Proximal subspaces of finite codimension in general normed linear spaces / V. Indumathi // Proc. London Math. Soc. – 1982. – 45. – №3. – P. 435-455.
4. Гаркави А. Л. О наилучшем приближении элементами бесконечномерных подпространств одного класса / А. Л. Гаркави // Мат. сборник. – 1963. – 62. – №1 (104). – С. 104-120.
5. Гаркави А. Л. Аппроксимативные свойства подпространств конечного дефекта в пространстве непрерывных функций / А. Л. Гаркави // Доклады АН СССР. – 1964. – 155. – С. 513-516.
6. Гаркави А. Л. Задача Хелли и наилучшее приближение в пространстве непрерывных функций. / А. Л. Гаркави // Известия АН СССР, сер. мат. – 1967. 31. – №3. – С. 641-656.
7. Рудин У. Функциональный анализ / У. Рудин // Москва: МИР, 1975. – 445с.
8. Данфорд Н. Линейные операторы. Часть 1: Общая теория. / Н. Данфорд, Дж. Шварц // Москва: ИЛ, 1962. – 896 с.
9. Бурбаки Н. Топологические векторные пространства / Н. Бурбаки // Москва: ИЛ, 1959. – 411 с.
10. Goldberg S. On Dixmiers Theorems Concerning Conjugate Spaces / S. Goldberg // Math. Annalen – 1962. – 147. – P. 244-247.
11. Канторович Л. В. Функциональный анализ / Л. В. Канторович, Г. П. Акилов // Москва: Наука, 1984. – 752 с.
12. Singer I. On a theorem of J. D. Weston / I. Singer // Jour. London Math. Soc. – 1959. – 34. – P. 320-324.
13. Phelps R. Chebyshev subspace of finite codimension in $C(X)$ / R. Phelps // Pac. Jour. Math. – 1963. – 13. – №2. – P. 647-655.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Singer I. On best approximation in normed linear spaces by elements of subspaces of finite codimension / I. Singer // Rev. Roum. Math. Pures Appl. – 1972. – 17. – №8. – P. 1245-1256 [in English].
2. Godini G. Characterizations of proximal subspaces in normed linear spaces / G. Godini // Rev. Roum. Math. Pures Appl. – 1973. – 18. – №6. – P. 901-906 [in English].

3. Indumathi V. Proximinal subspaces of finite codimension in general normed linear spaces / V. Indumathi // Proc. London Math. Soc. – 1982. – 45. – №3. – P. 435-455 [in English].
4. Garkavi A. L. O nailuchshem priblizhenii elementami beskonechnomernykh podprostranstv odnogo klassa [On the best approximation by elements of infinite dimensional subspaces of one class] / A. L. Garkavi // Mat. sbornik. [Mat. Compilation]. – 1963. – 62. – №1 (104). – P. 104-120 [in Russian].
5. Garkavi A. L. Approksimativnyye svoystva podprostranstv konechnogo defekta v prostranstve nepreryvnykh funktsiy [Approximation properties of subspaces of a finite defect in the space of continuous functions] / A. L. Garkavi // Doklady AN SSSR [Reports of the USSR Acad. of Scienc.]. – 1964. – 155. – P. 513-516 [in Russian].
6. Garkavi A. L. Zadacha Khelli i nailuchsheye priblizheniye v prostranstve nepreryvnykh funktsiy [Helly's problem and the best approximation in space continuous functions] / A. L. Garkavi // Izvestiya AN SSSR, ser. mat. [Proceedings of the Acad. of Scienc. USSR, ser. math.] – 1967. – 31. – №3. – P. 641-656 [in Russian].
7. Rudin U. Funktsional'nyy analiz [Rudin W. Functional analysis] / U. Rudin // Moskva: MIR [Moscow: MIR], 1975. – 445 p. [in Russian].
8. Danford N. Lineynyye operatory. Chast' 1: Obshchaya teoriya [Dunford N., Schwartz J. Linear Operators. Part 1: General theory] / N. Danford, Dzh. Shvarts // Moskva: IL [Moscow: IL]. 1962. – 896 p. [in Russian].
9. Burbaki N. Topologicheskiye vektornyye prostranstva [Bourbaki N. Topological vector spaces] / N. Burbaki // Moskva: IL [Moscow: IL], 1959. – 411 p. [in Russian].
10. Goldberg S. On Dixmiers Theorems Concerning Conjugate Spaces / S. Goldberg // Math. Annalen – 1962. – 147. – P. 244-247. [in English].
11. Kantorovich L. V. Funktsional'nyy analiz [Functional Analysis] / L. V. Kantorovich, G. P. Akilov // Moskva: Nauka [Moscow: Science], 1984. – 752 p. [in Russian].
12. Singer I. On a theorem of J. D. Weston / I. Singer // Jour. London Math. Soc. – 1959. – 34. – P. 320-324 [in English].
13. Phelps R. Cebysev subspace of finite codimension in $C(X)$ / R. Phelps // Pac. Jour. Math. – 1963. – 13. – №2. – P. 647-655 [in English].

РАЗРАБОТКА ФОРМАЛИЗОВАННОГО ОПИСАНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССА ПО ФОРМИРОВАНИЮ СВОДНОГО ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА ДЛЯ ОРГАНА ГОСУДАРСТВЕННОЙ ВЛАСТИ

Научная статья

Алмакаева Р.Н.^{1,*}, Золотухина Е.Б.²¹ ORCID: 0000-0002-3361-7360;^{1, 2} Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва, Россия

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

Аннотация

В статье представлена модель бизнес-процесса по формированию сводного топливно-энергетического баланса. Для построения моделей был использован унифицированный язык моделирования Unified Modelling Language (UML) и программное средство Enterprise Architect. Модель бизнес-процесса представлена в виде трехуровневой иерархии. На первом уровне продемонстрированы макрошаги бизнес-процесса, на втором – шаги процесса, декомпозирующие макрошаги, а на третьем – конечные шаги. Модель указанного бизнес-процесса позволяет в дальнейшем произвести автоматизацию и (или) реинжиниринг бизнес-процессов в организации.

Ключевые слова: бизнес-процесс, моделирование, топливно-энергетический баланс, UML, Enterprise Architect, автоматизированная система.

DEVELOPMENT OF FORMALIZED BUSINESS PROCESS DESCRIPTION FOR CONSOLIDATED FUEL AND ENERGY BALANCE FORMATION FOR A STATE GOVERNMENT BODY

Research article

Almakaeva R.N.^{1,*}, Zolotukhina E.B.²¹ ORCID: 0000-0002-3361-7360;^{1, 2} National Research Nuclear University MEPhI, Moscow, Russia

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

Abstract

The article presents a business process model for the formation of a consolidated fuel and energy balance. The authors used Unified Modeling Language, (UML) and the Enterprise Architect software to build the models. The business process model is presented in the form of a three-level hierarchy. The first level gives the macro steps of the business process, the second stage shows the process steps decomposing the macro steps, and the third level contains the final steps. The model of the specified business process allows to automate and (or) re-engineer business processes of an organization in the future.

Keywords: business process, modeling, fuel, and energy balance, UML, Enterprise Architect, automated system.

Введение

Деятельность органов государственной власти (ОГВ) связана с выработкой и реализацией государственной политики и нормативно-правовым регулированием в различных областях, а также с выполнением функций и полномочий как власти управления, и носит интегрированный характер, обусловленный реализацией как сложных внутренних задач, ориентированных на внешних потребителей, так и повседневной работой. При этом для повышения эффективности исполнения указанных функций и задач необходим актуальный, полный и качественный поток информации, который характеризуется огромными объемами информации и множеством показателей, требующих обобщения, аналитической обработки и подготовки для дальнейшего принятия решения в условиях реального времени [1, С. 35], [2, С. 107], [3, С. 133]. В связи с этим для эффективности функционирования ОГВ необходимо обеспечить их деятельность соответствующими информационно-аналитическими инструментами, предназначенных для сбора, хранения и обработки информации.

Процесс «Формирование сводного топливно-энергетического баланса» выполняет важнейшую роль, так как он является основой методического подхода для анализа ресурсного потенциала для топливно-энергетического комплекса Российской Федерации. Топливо-энергетический баланс характеризует количественное соотношение между поступлениями и расходами топливно-энергетическими ресурсами и хозяйственной деятельности, с учетом изменений запасов ресурсной базы, потерь, связанных с добычей, переработкой и распределением топлива, и объемов импорто-экспортных операций. Таким образом, указанный процесс формирует информационную базу для дальнейшего принятия решения в сфере энергетики и для качественной подготовки сводного баланса необходимо автоматизировать соответствующий бизнес-процесс. Однако для перехода на данный этап необходимо создать модель указанного бизнес-процесса.

Моделирование бизнес-процесса «Формирование сводного топливно-энергетического баланса»

Наиболее подходящей нотацией для моделирования подобного рода бизнес-процессов является инструментальное средство визуального моделирования Enterprise Architect, которое позволяет использовать унифицированный язык моделирования UML в качестве нотации [3, С. 132]. Моделирование бизнес-процессов (БП) выполнялось в соответствии с рекомендациями, приведенными в [4, С. 54]. Моделирование процесса «Формирование сводного топливно-энергетического баланса» осуществляется в виде потока работ (деятельности), который отображает

последовательность выполнения работ, связанной с процессом. Также в рамках моделирования выделяются макрошаги процесса, носящие обобщенный характер, которые в последующем детально описываются.

Модель бизнес-процесса «Формирование сводного топливно-энергетического баланса» состоит из 9 макрошагов, представленных на рисунке 1:

- сбор данных по формам предоставления информации;
- проверка точности и полноты информации;
- формирование сводного топливно-энергетического баланса;
- проведение консультации по сверке предварительных показателей;
- подготовка отчетных документов;
- согласование отчетных документов;
- подписание и направление отчетных документов;
- рассмотрение и корректировка среднесрочного прогноза в части секторов топливно-энергетического комплекса;
- подписание и направление позиции относительно среднесрочного прогноза в части секторов топливно-энергетического комплекса.

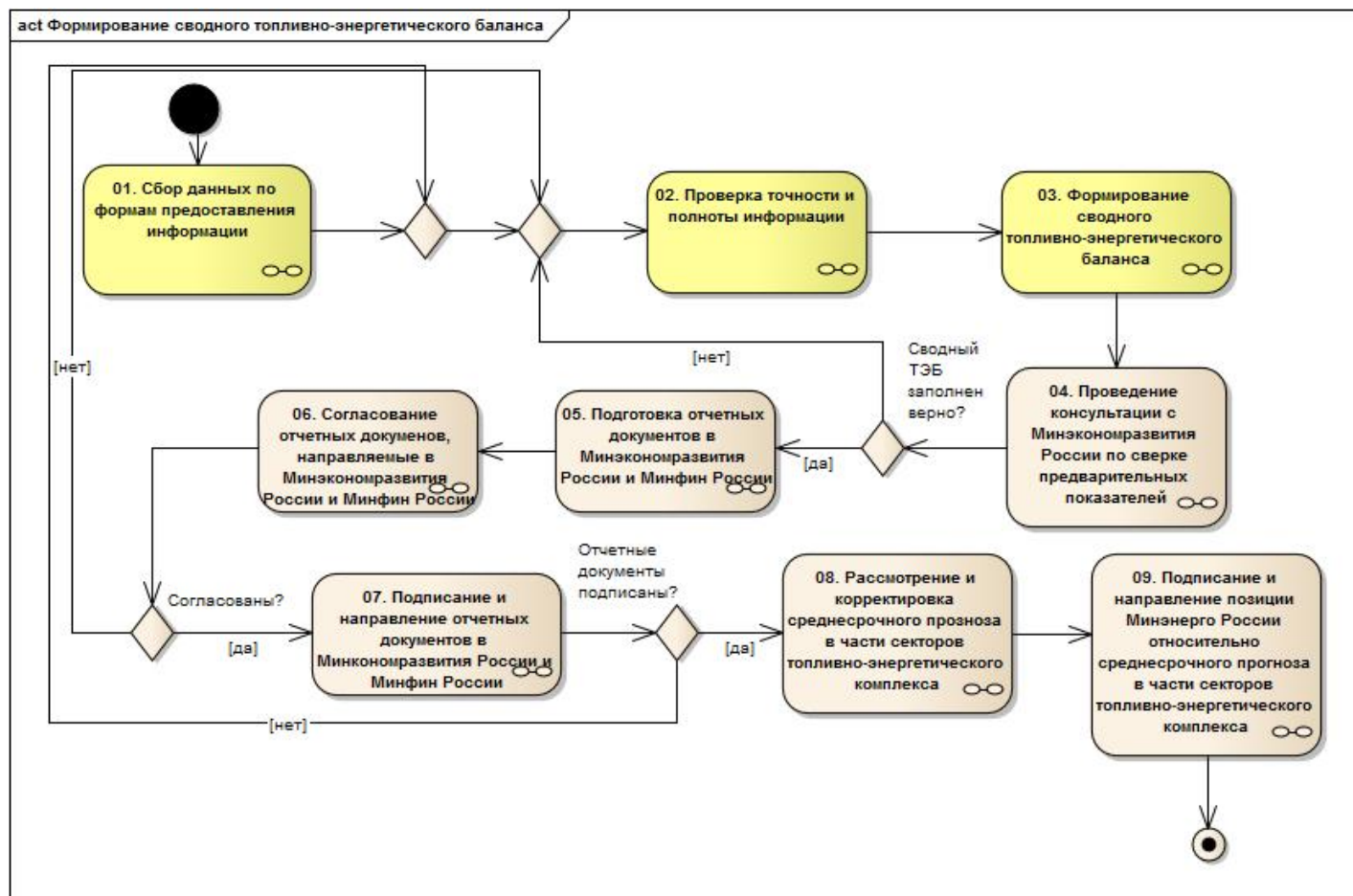


Рис. 1 – Бизнес-процесс «Формирование сводного топливно-энергетического баланса»

Этап «Формирование сводного топливно-энергетического баланса» является сложным процессом, и в свою очередь также состоит из следующих макрошагов:

- перенос данных из форм предоставления информации в макет сводного топливно-энергетического баланса;
- проверка сводного топливно-энергетического баланса;
- направление в департаменты сведения об ошибках в балансах (см. рисунок 2.)

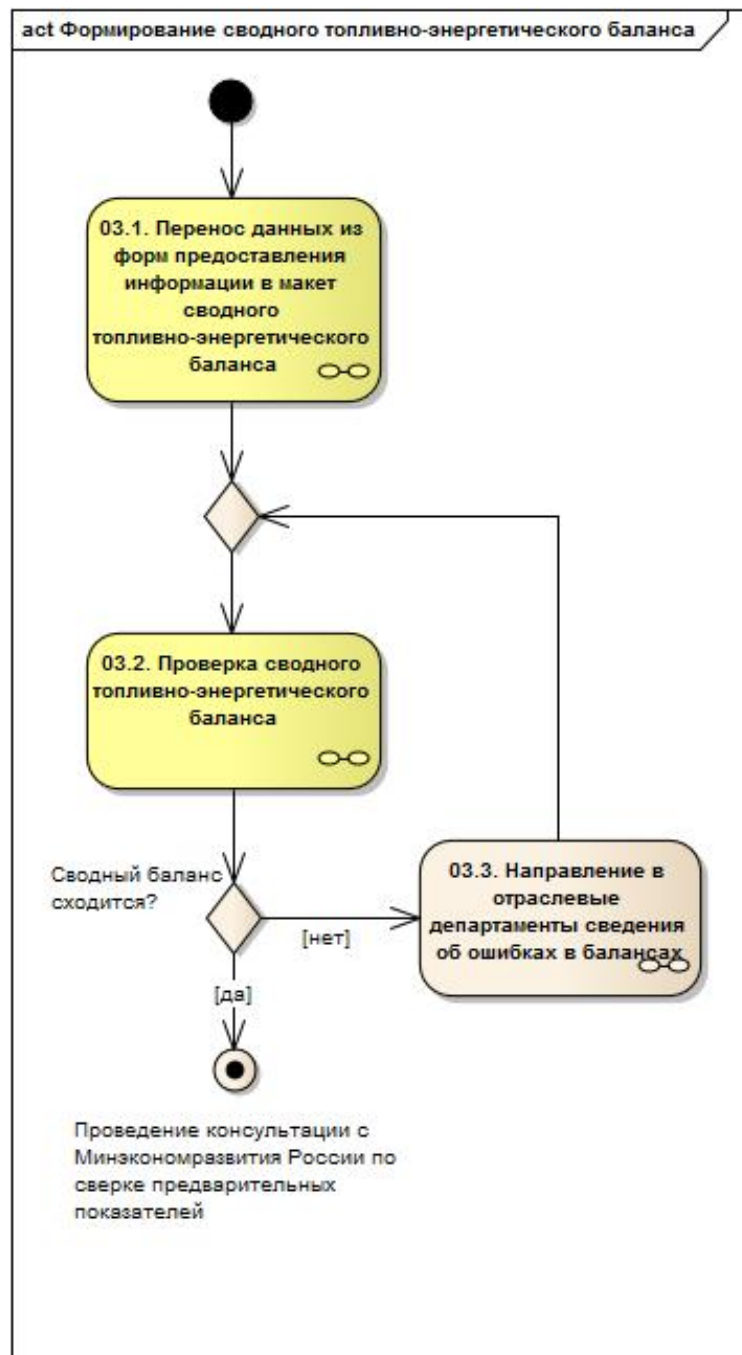


Рис. 2 – Макрошаг «Формирование сводного топливно-энергетического комплекса»

На рисунке 3 представлен пример модели, декомпозирующей этап 03.1 «Перенос данных из форм предоставления информации в макет сводного топливно-энергетического баланса», включающей 5 шагов.

Все этапы бизнес-процесса «Формирование сводного топливно-энергетического баланса» были замоделированы и были определены шаги бизнес-процессов, подлежащих автоматизации (выделены желтым цветом).

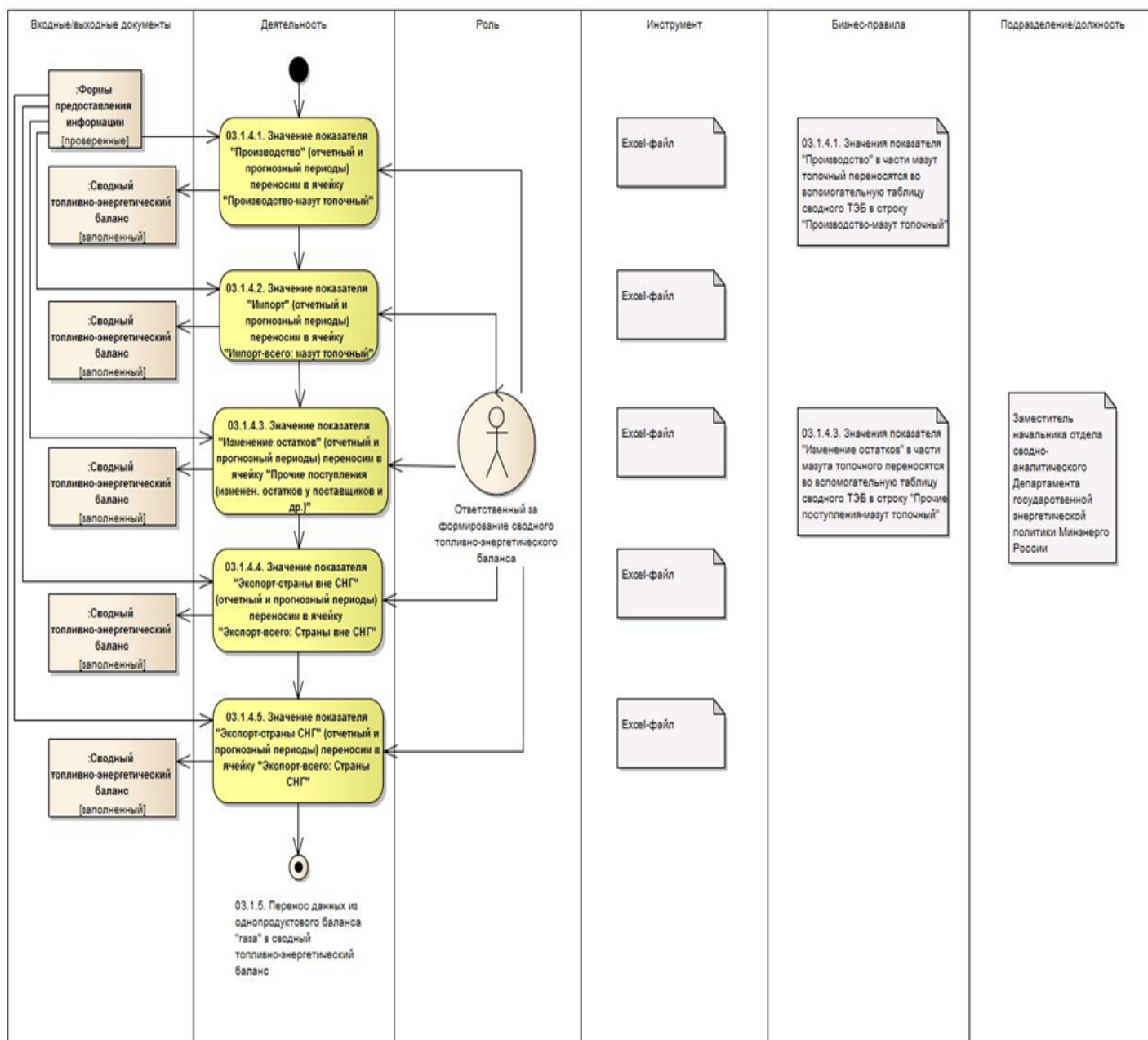


Рис. 3 – Макрошаг «03.1.4. Перенос данных из однопродуктового баланса мазута топочного в сводный топливно-энергетический баланс»

Для того, чтобы автоматизированная система в дальнейшем послужила пользователю для достижения поставленных целей, на первоначальных этапах проектирования системы необходимо определить требования пользователя к создаваемой автоматизированной системе на основе шагов бизнес-процесса «Формирование сводного топливно-энергетического баланса», определенные к автоматизации. Описание требований пользователей представлено в таблице 1, а на рисунке 4 изображена диаграмма с трассировкой автоматизируемых шагов бизнес-процессов и требований.

Таблица 1 – Требования пользователя

Шаги бизнес-процесса	Требования пользователя
Сбор данных по формам предоставления информации	В системе должен быть автоматизирован сбор данных по формам предоставления информации
Проверка достаточности данных в формах предоставления информации	В системе должна быть автоматизирована проверка достаточности данных в формах предоставления информации
Проверка значений отчетных и прогнозных показателей в соответствии с официальными данными Росстата	В системе должна быть автоматизирована проверка значений отчетных и прогнозных показателей в соответствии с официальными данными Росстата
Проверка значений отчетных прогнозных показателей в соответствии с официальными данными Росстата и оперативными данными ФГБУ "ЦДУ ТЭК"	В системе должна быть автоматизирована проверка значений отчетных прогнозных показателей в соответствии с официальными данными Росстата и оперативными данными ФГБУ "ЦДУ ТЭК"
Проверка значений прогнозных показателей с учетом значений показателей предыдущего прогнозного периода	В системе должна быть автоматизирована проверка значений прогнозных показателей с учетом значений показателей предыдущего прогнозного периода
Формально-логическая проверка формы предоставления информации	В системе должна быть автоматизирована формально-логическая проверка формы предоставления информации
Передача проверенных форм предоставления информации ответственному за формирование сводного топливно-энергетического баланса	В системе должна быть автоматизирована передача проверенных форм предоставления информации ответственному за формирование сводного топливно-энергетического баланса
Получение проверенных форм предоставления информации	В системе должно быть автоматизировано получение проверенных форм предоставления информации
Перенос данных из однопродуктового баланса "нефтяного сырья" в сводный топливно-энергетический баланс	В системе должен быть автоматизирован перенос данных из однопродуктового баланса "нефтяного сырья" в сводный топливно-энергетический баланс
Перенос данных из однопродуктового баланса "бензина автомобильного" в сводный топливно-энергетический баланс	В системе должен быть автоматизирован перенос данных из однопродуктового баланса "бензина автомобильного" в сводный топливно-энергетический баланс
Перенос данных из однопродуктового баланса "дизельного топлива" в сводный топливно-энергетический баланс	В системе должен быть автоматизирован перенос данных из однопродуктового баланса "дизельного топлива" в сводный топливно-энергетический баланс
Перенос данных из однопродуктового баланса "мазута топочного" в сводный топливно-энергетический баланс	В системе должен быть автоматизирован перенос данных из однопродуктового баланса "мазута топочного" в сводный топливно-энергетический баланс
Перенос данных из однопродуктового баланса "газа" в сводный топливно-энергетический баланс	В системе должен быть автоматизирован перенос данных из однопродуктового баланса "газа" в сводный топливно-энергетический баланс
Перенос данных из однопродуктового баланса "угля" в сводный топливно-энергетический баланс	В системе должен быть автоматизирован перенос данных из однопродуктового баланса "угля" в сводный топливно-энергетический баланс
Перенос данных из однопродуктового баланса "электрической энергии" в сводный топливно-энергетический баланс	В системе должен быть автоматизирован перенос данных из однопродуктового баланса "электрической энергии" в сводный топливно-энергетический баланс
Перевод показателей из млн. т и млрд. кВт.ч в млн. т.у.т.	В системе должен быть автоматизирован перевод показателей из млн. т и млрд. кВт.ч в млн. т.у.т.
Расчет параметров сводного топливно-энергетического баланса	В системе должен быть автоматизирован расчет параметров сводного топливно-энергетического баланса
Проверка равенства двух показателей баланса "РЕСУРСЫ-всего" и "РАСПРЕДЕЛЕНИЕ-всего"	В системе должна быть автоматизирована проверка равенства двух показателей баланса "РЕСУРСЫ-всего" и "РАСПРЕДЕЛЕНИЕ-всего"
Проверка равенства показателя "Потребление в России-всего" по каждому энергетическому ресурсу с аналогичными показателями в однопродуктовых балансах	В системе должна быть автоматизирована проверка равенства показателя "Потребление в России-всего" по каждому энергетическому ресурсу с аналогичными показателями в однопродуктовых балансах
Направление проверенного баланса на подготовку отчетных документов	В системе должно быть автоматизировано направление проверенного баланса на подготовку отчетных документов

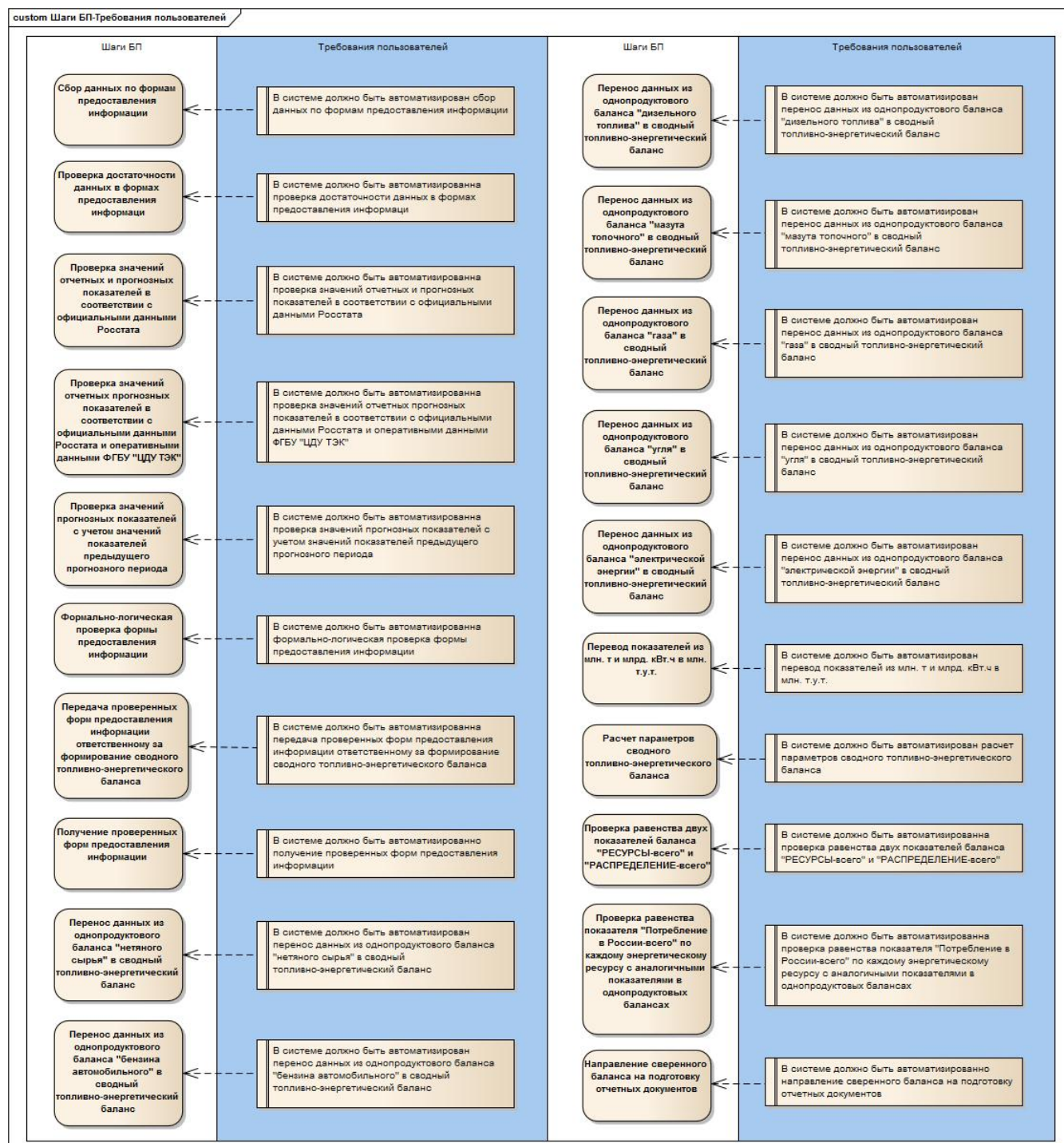


Рис. 4 – Модель зависимостей требований пользователей от шагов бизнес-процесса

На основе требований пользователей в дальнейшем будут определены функциональные требования к автоматизированной системе, поддерживающей процесс формирования сводного топливно-энергетического комплекса.

Заключение

По результатам работы был смоделирован бизнес-процесс по формированию сводного топливно-энергетического баланса и на основе него были выделены основные требования пользователей к создаваемой автоматизированной системе. Указанная модель процесса в дальнейшем позволит упростить процесс создания системы, снизить риск возникновения грубых ошибок на ранних стадиях создания системы, позволит создать устойчивую к изменениям архитектуру системы. Создаваемая автоматизированная система направлена на снижение нагрузки со стороны пользователей непосредственно задействованных в указанный процесс, и сокращение времени подготовки необходимых материалов.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Алмакаева Р.Н. Анализ информационных систем, осуществляющих информационно-аналитическую поддержку деятельности Минэнерго России в условиях цифровой трансформации / Алмакаева Р.Н. // Региональные проблемы преобразования экономики, – 2018. – № 11 – С. 34 – 42. DOI: <https://doi.org/10.26726/1812-7096-2018-11-34-42>.
2. Алмакаева Р.Н. Основные бизнес-процессы федерального органа исполнительной власти в сфере ТЭК и их проблемы / Алмакаева Р.Н. // Наука и инновации в XXI веке: актуальные вопросы, открытия и достижения сборник статей IX Международной научно-практической конференции, – 2018. – С. 107 – 110.
3. Загузина Е.Г. Моделирование процессов выполнения государственных услуг в решении задачи повышения эффективности управления / Загузина Е.Г. // Вестник факультета управления СПбГЭУ. – 2017. – № 1 – С. 131 – 136.
4. Золотухина Е.Б. Методика выявления функций создаваемого программного обеспечения, отображающая полноту предметной области / Золотухина Е.Б., Красникова С.А., Вишня А.С. // Наука молодых – интеллектуальный потенциал современности: сборник материалов международной научной конференции. Россия, г. Москва, 29-30 апреля 2015 г. С. 53 – 67.
5. Золотухина Е.Б. Авторское общество. Свидетельство № 18249 о регистрации произведения результата интеллектуальной деятельности «Моделирование предметной области с использованием Enterprise Architect» / Золотухина Е.Б., Алфимов Р.В., Красникова С.А. // Рукопись учебно-методического пособия. – С. 135.
6. Тупчиенко В.А. Цифровые платформы управления жизненным циклом комплексных систем / Тупчиенко В.А., Путилов А.В., Харитонов В.В. и др. // Под общ. ред. д.э.н., проф. В.А. Тупчиенко. – М.: Издательство «Научный консультант», 2018. – С. 46 – 50.
7. Косоруков А.А. Цифровое правительство в практике современного государственного управления (на примере Российской Федерации) [Электронный ресурс] / Косоруков А.А. // Тренды и управление. — 2017. – № 4. – С. 81 – 96. DOI: 10.7256/2454-0730.2017.4.25086. URL: http://e-notabene.ru/ptu/article_25086.html.
8. Днепроvская Н.В. Цифровая трансформация взаимодействия органов государственной власти и граждан / Днепроvская Н.В. // Государственное управление. Электронный вестник – № 67 – 2018. – С. 96 – 110.
9. Туронок С.Г. Информационные системы в государственном управлении / Туронок С.Г. // Проблемный анализ и государственно-управленческое проектирование. 2009. №3 – С 75 – 77.
10. Григорьев Л. Применение бизнес-инжиниринга к задачам государственного управления [Электронный ресурс] / Л. Григорьев, Ф. Скрипка. URL: <http://bigc.ru/publications/bigspb/metodology/besm.php>.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Almakayeva R.N. Analiz informacionnyh sistem, osushchestvlyayushchih informacionno-analiticheskuyu podderzhku deyatel'nosti Minenergo Rossii v usloviyah cifrovoj transformacii [Analysis of information systems that carry out information and analytical support for the activities of the Ministry of Energy of Russia in the conditions of digital transformation] / Almakayeva R.N. // Regional'nye problemy preobrazovaniya ekonomiki [Regional problems of economic transformation], 2018, № 11 – 34-42 p. DOI: <https://doi.org/10.26726/1812-7096-2018-11-34-42>. [in Russian].
2. Almakayeva R.N. Osnovnye biznes-processy federal'nogo organa ispolnitel'noj vlasti v sfere TEK i ih problem [The main business processes of the federal executive body in the fuel and energy sector and their problems] / Almakayeva R.N. // Nauka i innovacii v XXI veke: aktual'nye voprosy, otkrytiya i dostizheniyasbornik statej IX Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii [Science and innovations in the XXI century: current issues, discoveries and achievements, a collection of articles of the IX International Scientific and Practical Conference], 2018 – 107- 110 p. [in Russian].
3. Zaguzina E.G. Modelirovanie processov vypolneniya gosudarstvennyh uslug v reshenii zadachi povysheniya effektivnosti upravleniya [Modeling the processes of performing public services in solving the problem of improving management efficiency] / Zaguzina E.G. // Vestnik fakul'teta upravleniya SPBGUEU [Bulletin of the Faculty of Management of St. Petersburg State University of Economics], 2017, № 1 – 131- 136 p. [in Russian].
4. Zolotukhina E.B. Metodika vyyavleniya funkcij sozdavaemogo programmnoo obespecheniya, otobrazhayushchaya polnotu predmetnoj oblasti [Method of identifying functions of the software being created, reflecting the completeness of the subject area] / Zolotukhina E.B., Krasnikova S.A., Vishnya A.S.. Nauka molodyh – intellektual'nyj potencial sovremennosti: sbornik materialov mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii [The science of the young is the intellectual potential of modernity: a collection of materials from an international scientific conference]. Russia, Moscow, April 29-30, 2015, 53 – 67 p. [in Russian].
5. Zolotukhina E.B. Avtorskoe obshchestvo. Svidetel'stvo № 18249 o registracii proizvedeniya rezul'tata intellektual'noj deyatel'nosti «Modelirovanie predmetnoj oblasti s ispol'zovaniem Enterprise Architect» [Author's society. Certificate No. 18249 on registration of the work of the result of intellectual activity “Domain modeling using Enterprise Architect”] / Zolotukhina E.B., Alfimov R.V., Krasnikova S.A. Rukopis' uchebno-metodicheskogo posobiya [Manuscript teaching aid]. – 135 p. [in Russian].
6. Tupchienko V.A. Cifrovye platformy upravleniya zhiznennym ciklom kompleksnyh system [Digital platforms for managing the life cycle of complex systems] / Tupchienko V.A., Putilov A.V., Kharitonov V.V. // Pod obsch. ed. Ph.D., prof. V.A. Tupchienko. - M.: Publishing House "Scientific Consultant", 2018. – 46-50 p. [in Russian].
7. Kosorukov A.A. Cifrovoe pravitel'stvo v praktike sovremennogo gosudarstvennogo upravleniya (na primere Rossijskoj Federacii) [Digital government in the practice of modern public administration (on the example of the Russian Federation)] / Kosorukov A.A. // Trendy i upravlenie [Trends and management]. - 2017. - No. 4. – 81-96 p. DOI: 10.7256 / 2454-0730.2017.4.25086. URL: http://e-notabene.ru/ptu/article_25086.html. [in Russian].
8. Dnieper N.V. Cifrovaya transformaciya vzaimodejstviya organov gosudarstvennoj vlasti i grazhdan [Digital transformation of the interaction of state authorities and citizens] / Dnieper N.V. // Gosudarstvennoe upravlenie [State administration]. Electronic Bulletin, № 67, 2018. – 96 – 110 p. [in Russian].
9. Turonok S.G. Informacionnye sistemy v gosudarstvennom upravlenii [Information systems in public administration] / Turonok S.G. // Problemyñanaliz i gosudarstvenno-upravlencheskoe proektirovanie [Problem analysis and state management design]. 2009. № 3 – 75 – 77 p. [in Russian].
10. Grigoriev L. Primenenie biznes-inzhiniringa k zadacham gosudarstvennogo upravleniya [Application of business engineering to the tasks of public administration] [Electronic resource] / L. Grigoriev, F. Skryпка. - URL: <http://bigc.ru/publications/bigspb/metodology/esm.php>. [in Russian].

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.83.5.003>**ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В СОЛИТОННЫХ ЛИНИЯХ СВЯЗИ**

Научная статья

Горчаков Г.В. *

ORCID: 0000-0003-1063-8836,

Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики (ПГУТИ), Самара, Россия

* Корреспондирующий автор (geragor1[at]yandex.ru)

Аннотация

В статье рассматривается вопрос, связанный с обеспечением высоконадежной передачи информации на большие расстояния. Определены главные ограничения роста пропускной способности волоконно-оптических линий связи, вызванные нелинейными эффектами волокна, усиление которых происходит в результате роста мощности сигнала. В результате этого происходит снижение спектральной эффективности при росте мощности сигнала, а также снижение дальности передачи информации. Рассмотрены возможности оптических солитонов в организации линий связи. Использование солитонов как импульсов, переносящих информацию, обеспечивает повышение спектральной эффективности. Отмечены главные недостатки передачи данных при помощи солитонов.

Ключевые слова: солитон, солитонные линии связи, информационная безопасность, нелинейные эффекты, волоконно-оптические линии связи, SDH, оптическое волокно, спектральная эффективность, дисперсия.

PROVIDING INFORMATION SECURITY IN SOLITON COMMUNICATION LINES

Research article

Gorchakov G.V. *

ORCID: 0000-0003-1063-8836,

Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics (PSUT), Samara, Russia

* Corresponding author (geragor1[at]yandex.ru)

Abstract

The article deals with the issue of ensuring highly reliable transmission of information over long distances. The author determined the main limitations of the increase in the capacity of fiber-optic communication lines; they are caused by the non-linear effects of the fiber, which are amplified as a result of an increase in the signal power. As a result, there is a decrease in spectral efficiency with an increase in signal power, as well as a decrease in the information transmission distance. The author considered the possibilities of optical solitons in the organization of communication lines. The use of solitons as impulses carrying information provides an increase in spectral efficiency. The main disadvantages of data transmission using solitons are also noted.

Keywords: soliton, soliton communication lines, information security, nonlinear effects, fiber-optic communication lines, SDH, optical fiber, spectral efficiency, dispersion.

Системы оптоволоконных каналов связи составляют основу глобальных телекоммуникационных сетей и в настоящее время осуществляют передачу более 90% мирового информационного трафика. Преимуществами оптического волокна (ОВ) являются: низкий коэффициент затухания, сверхширокая полоса пропускания, высокая защищенность от внешних электромагнитных воздействий, хорошие габаритные показатели.

В условиях постоянного роста объемов передаваемой информации, очень остро стоит вопрос увеличения пропускной способности существующих линий связи [1]. Основным ограничением роста пропускной способности волоконно-оптических линий связи (ВОЛС) являются нелинейные эффекты волокна, которые усиливаются в результате роста мощности сигнала [7, С. 890]. Это приводит к снижению спектральной эффективности (параметр отношения скорости передачи данных к ширине спектрального канала) при росте мощности сигнала, а также к снижению дальности передачи информации [2, С. 2].

Поэтому проблема обеспечения высоконадежной передачи информации на большие расстояния является достаточно актуальной. Ограничения, которые накладываются нелинейной средой передачи (оптическое волокно) представляются многим ученым практически неразрешимыми. Очевидной является необходимость разработки новых методов и подходов к кодированию, передаче и обработке информации в каналах волоконной связи, с учетом нелинейных свойств ОВ. В качестве одного из методов повышения спектральной эффективности выступает использование солитонов как импульсов, переносящих информацию.

Оптический солитон – уединенный лазерный импульс определенной длительности, обладающий несущей частотой видимого диапазона и способный распространяться в нелинейной диспергирующей среде без изменения своей структуры на большие расстояния. Солитоны имеют свойство упругого взаимодействия друг с другом. Если происходит столкновение, солитоны восстанавливают свою первоначальную форму. Взаимодействие солитонов друг с другом приводит к деформации, после которой происходит восстановление исходных параметров [4].

Поэтому ученые возлагают большие надежды на солитоны, прогнозируя их широкое применение в системах оптической связи. Укорочение длительности солитона может приводить к увеличению пропускной способности соответствующих информационных систем.

Потребность в расширении пропускной способности сетей передачи данных (СПД) способствовала интенсивному развитию СПД, использующих как существующие (ATM, SONET/SDH), так и новые (AON, WDM/DWDM, солитонные) технологии и оптоволоконную среду для передачи данных [5, С. 20].

Развитие оптоэлектронной технологии привело к появлению новых возможностей для экономически эффективного внедрения волоконно-оптических линий передачи с оптической солитонной передачей, которые могут поддерживать форму импульса передачи по волокну. Поэтому 25 лет назад в Великобритании была создана первая промышленная одиночная подсистема SDH-WDM (STM-64-WDM-4) (рис. 1) [5, С. 21].

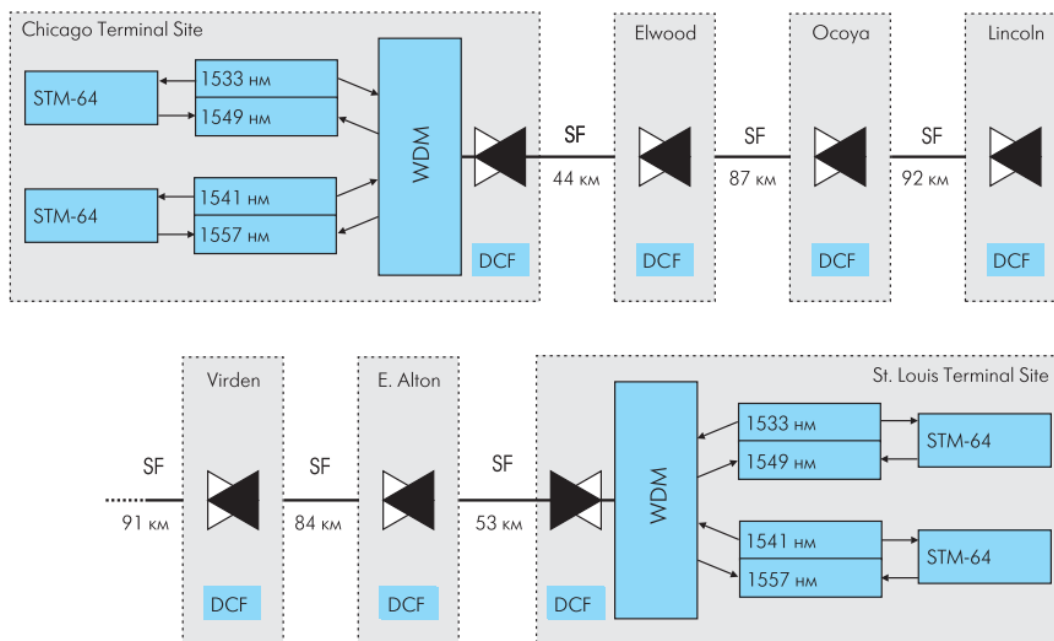


Рис. 1 – Схема промышленной солитонной 4-канальной линии связи SDH в Англии (компании Pirelli и MCI)

Как видно из предложенной схемы, стандартная сеть SDH, работающая на стандартных ОВ (от STM-16 до STM-256), оснащена солитонным генератором, мощным лазерным источником, который генерирует солитоны первого порядка. Был установлен блок компенсации дисперсии DCF, чтобы обеспечить отрицательную «среднюю» дисперсию по длине секции регенератора. В то же время длина пролета может быть увеличена до 900-1000 км без использования оптического усилителя.

Еще в 1996 году японские ученые использовали систему солитонной связи лабораторий в качестве примера демонстрации способности передавать данные со скоростью 160 Гбит / с на расстояние 225 километров, и их надежность соответствовала $BER = 10^{-10}$ [5, С. 21].

Одним из вариантов достижения высокоскоростной передачи цифровых потоков данных по оптоволоконным линиям является следующий метод. Совокупный эффект дисперсии и нелинейные эффекты аномальной (отрицательной) дисперсии [10, С. 3] стимулируют лазерные солитоны в ОМ [10, С. 3].

Оптические солитоны представляют собой особую форму волны, которая распространяется через волокно на относительно большое расстояние без искажения его формы. В этом случае пиковая мощность исходного импульса должна превышать определенный порог. Оптический солитон модулирует сигнал потока цифровых данных, на приемном конце линии связи (волоконно-оптический тракт) оптический солитон преобразуется в исходный поток цифровых данных [10, С. 4].

Использование солитонных линий позволяет увеличить длину регенеративной части (как минимум, вдвое) и передавать информацию даже без регенератора на очень большие расстояния.

В линии связи в качестве информационного импульса используется солитонный импульс. В случае увеличения скорости передачи информации расстояние между этими импульсами и солитонами становится настолько малым, что их взаимодействие становится неизбежным [6, С. 92].

Такое взаимодействие может иногда приводить к коллапсу солитона, что нежелательно, поскольку такие ошибки могут возникать при передаче информации. Если нет специальных мер, использование импульса шириной 2-3 пс позволит подсистеме передавать со скоростью примерно 40 Гбит / с при минимальном взаимодействии. С помощью специальных мер (например, в ортогональных плоскостях поляризованных солитонов) скорость передачи может быть увеличена до 160 Гбит / с.

Недостатками методов передачи данных с использованием солитонов являются:

- Слабая надежность передачи из-за возможного коллапса солитонов.
- Высокие требования к волоконно-оптическим трактам: затухание на рабочей длине волны оптического излучения, хроматическая и поляризационно-модовая дисперсия;
- Лимитированную скорость передаваемых данных (до 160 Гбит/с);
- Возможность несанкционированного доступа к информации в виду отсутствия каких-либо средств защиты.

Необходимость увеличения полосы пропускания привела к необходимости реконструкции существующих волоконно-оптических линий с использованием солитонов, контролирующих дисперсию [7].

В соответствии со способом восстановления и увеличения пропускной способности волоконно-оптической линии связи, в линии связи обеспечивается режим распространения солитонов с управлением дисперсией.

В линии связи (1) включают с заданным интервалом оптические усилители (2), осуществляют управление хроматической дисперсии (с периодом изменения дисперсии ВОЛС меньше длины солитона). Затем с некоторым интервалом вдоль линии связи укладывают оптический кабель (6) заданной длины с компенсирующими ОВ (7). При этом дисперсия ОВ кабеля должна иметь знак строго противоположный дисперсии ОВ линии связи.

Кабель расположен кольцами около муфт (3). В муфты вводятся концы строительных длин оптического кабеля линии связи (4), а также оба конца длины оптического кабеля с компенсирующими волокнами (5). Включение компенсирующих ОВ (7) в муфтах осуществляется последовательно ОВ линии связи. Затем регулируется усиление оптических усилителей (2). Выбираются расстояния между муфтами (3). Муфты включают оптические кабели с компенсирующими оптическими волокнами, длины оптических кабелей с компенсирующими ОВ и параметры компенсирующего ОВ так, что условия распространения солитонов полностью удовлетворяются. На рисунке представлена структурная схема устройства (рис 2).

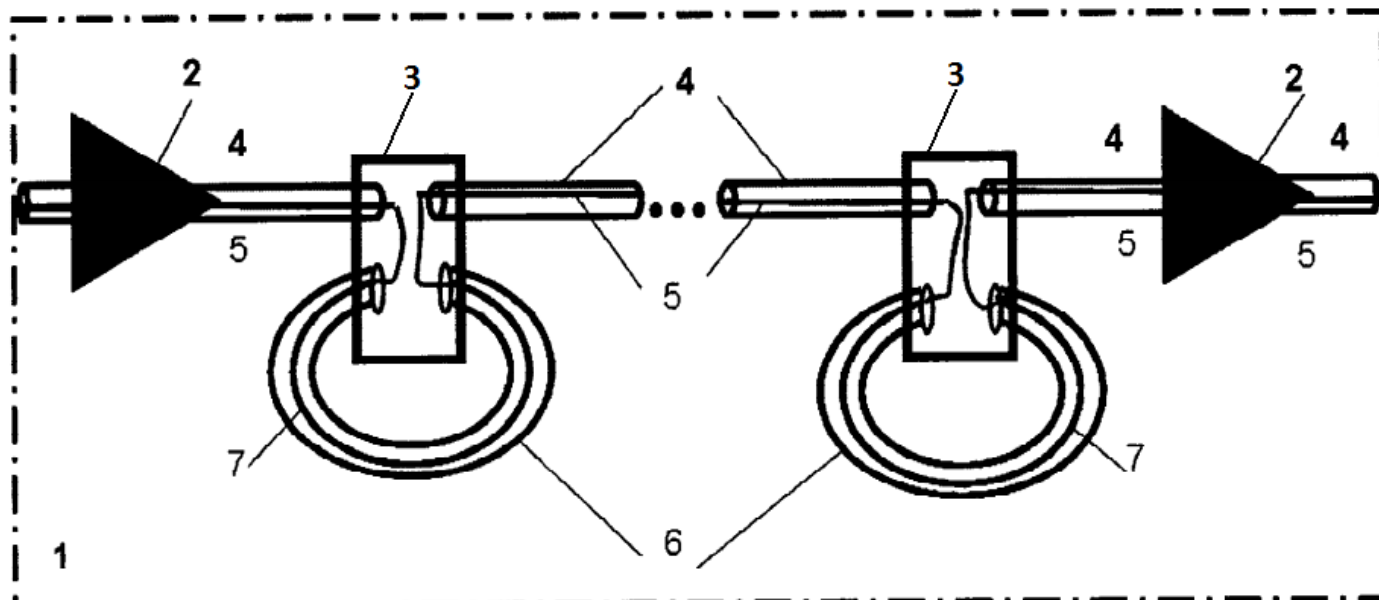


Рис. 2 – Схема устройства, реализующего способ реконструкции и увеличения пропускной способности ВОЛП

Это позволяет обеспечить увеличение ёмкости ВОЛС. Компенсирующие волокна, хроматическая дисперсия которых имеет знак противоположный хроматической дисперсии ОВ линии связи периодически включаются вдоль ВОЛС в локальных точках [2, С. 2].

Солитоны, которые являются структурно-устойчивыми образованиями устойчивы не только к малым, но и конечным возмущениям (например, к таким, которые солитон испытывает при рассеянии на других солитонах). Это свойство солитонов делает их очень крайне востребованными в оптических волокнах. Поскольку сохранение формы солитонов обеспечивается балансом нелинейных и дисперсионных эффектов, их использование способствует улучшению работы ВОЛС.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

- Осипов О.В. Метод оптимального параметрического синтеза широкополосных согласующих переходов / Осипов О.В., Панин Д.Н., Никушин А.В. // Письма в ЖТФ, 2013. — Т.39. — Вып. 12. — С. 50-56.
- Бурдин В.А. Способ реконструкции и увеличения пропускной способности волоконно-оптической линии передачи / Бурдин В.А., Волков К.А. Патент РФ № 2435183. ГОУВПО ПГУТИ. С. 1-7.
- Журавлев В.М. Нелинейные волны в многокомпонентных системах с дисперсией и диффузией. Точно решаемые модели / Журавлев В.М. Ульяновск. УлГУ, 2001. 200с.
- Сазонов С.В. Об оптических солитонах различных длительностей / Сазонов С.В. // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Физ.-матем. науки. 2008. №2. КиберЛенинка. [Электронный ресурс]: URL: <https://cyberleninka.ru/> (дата обращения: 16.04.2019).
- Слепов Н.Н. Современные оптоволоконные технологии / Слепов Н.Н. // ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ, №1, 2002, С.20-23.
- Слепов Н.Н. Солитонные сети / Слепов Н.Н. // «Сети», № 03, 1999. С. 90-100
- Рахимов Н.Р. Современные методы разработки информационной безопасности ВОЛС. ФГБОУ ВПО НГТУ / Рахимов Н.Р., Трушин В.А., Бакшун Д.И. // Новосибирск. Автоматика и программная инженерия. 2015, №4(14). С.85-89.
- Юшко О.В. Когерентные солитонные линии связи / Юшко О.В., Редюк А.А., Федорук М.П. // Журнал теоретической и экспериментальной физики, том 146, № 5, 2014. с. 899–908.
- Юшко О.В. Преимущества солитонной когерентной передачи данных на большие расстояния / Юшко О.В., Редюк А.А., Федорук М.П. // Труды Всероссийской конференции по волоконной оптике, Пермь. – 2015. С. 36.

10. Яковлев М.Я. Способ передачи цифровых потоков данных по волоконно-оптической линии связи / Яковлев М.Я., Цуканов В.Н. // Патент РФ №2454805. ЗАО «Центральный научно-исследовательский технологический институт «Техномаш-ВОС». С.1-15.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Osipov O.V. Metod optimal'nogo parametricheskogo sinteza shirokopolosnykh soglasuyushchikh perekhodov [Method of Optimal Parametric Synthesis of Wide-band Matching Transitions] / Osipov O.V., Panin D.N., Nikushin A.V. // Pis'ma v ZHTF [Letters in ZhTF], 2013. – V.39. – Vol. 12. – p. 50-56. [in Russian]
2. Burdin V.A. Spособ rekonstruktsii i uvelicheniya propusknoy sposobnosti volokonno-opticheskoy linii peredachi [Method of Reconstruction and Increasing Capacity of Fiber-optic Transmission Line] / Burdin V.A., Volkov K.A. // Patent of the Russian Federation No. 2435183. HVS PSUTI. P. 1-7. [in Russian]
3. Zhuravlev V.M. Nelineynyye volny v mnogokomponentnykh sistemakh s dispersiyey i diffuziyey. Tochno reshayemyye modeli [Nonlinear Waves in Multicomponent Systems with Dispersion and Diffusion. Exactly Solvable Models] / Zhuravlev V.M. Ulyanovsk. USU, 2001. 200 p. [in Russian]
4. Sazonov S.V. Ob opticheskikh solitonakh razlichnykh dlitel'nostey [On Optical Solitons of Various Durations] / Sazonov S.V. // Uchen. zap. Kazan. un-ta. Ser. Fiz.-matem. nauki. [Scien. Notes of Kazan univ. Phys.-Math. Sciences Ser.] 2008. No.2. CyberLeninka. [Electronic resource] - URL: <https://cyberleninka.ru> (accessed: 16.04.2019). [in Russian]
5. Slepov N.N. Sovremennyye optovolokonnyye tekhnologii [Modern Fiber Optic Technology] / Slepov N.N. // ELECTRONICS: NTB, No. 1, 2002, P.20-23. [in Russian]
6. Slepov N.N. Solitonnyye seti [Soliton Networks] / Slepov N.N. // "Networks", No. 03, 1999. p. 90-100 [in Russian]
7. Rakhimov N.R. Sovremennyye metody razrabotki informatsionnoy bezopasnosti [Modern Methods of Developing Information Security Fiber Optic Links] / Rakhimov N.R., Trushin V.A., Bakshun D.I. and others // VOLS. FGBOU VPO NGTU, Novosibirsk. Avtomatika i programmnaya inzheneriya [FSBEI HPE NSTU, Novosibirsk. Automation and software engineering]. 2015, No. 4 (14). P.85-89. [in Russian]
8. Yushko O.V. Kogerentnyye solitonnyye linii svyazi [Coherent Soliton Communication Lines] / Yushko O.V., Redyuk A.A., Fedoruk M.P. // Zhurnal teoreticheskoy i eksperimental'noy fiziki [Journal of Theoretical and Experimental Physics], Vol. 146, No. 5, 2014. – P. 899–908. [in Russian]
9. Yushko O.V. Preimushchestva solitonnoy kogerentnoy peredachi dannykh na bol'shiye rasstoyaniya [Advantages of Soliton Coherent Data Transmission Over Long Distances] / Yushko O.V., Redyuk A.A., Fedoruk M.P. and others // Trudy Vserossiyskoy konferentsii po volokonnoy optike, [Proceedings of the All-Russian Conference on Fiber Optics, Perm]. – 2015. – P. 36. [in Russian]
10. Yakovlev M.Ya. Spособ peredachi tsifrovyykh potokov dannykh po volokonno-opticheskoy linii svyazi [Method of Transmitting Digital Data Streams over a Fiber-optic Communication Line] / Yakovlev M.Ya., Tsukanov V.N. // Patent of the Russian Federation No. 2454805. CJSC Central Technological Research Institute Technomash – VOS. – P.1-15. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.83.5.004>**ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ СВЕРХДЛИННЫХ ОДНОПРОЛЕТНЫХ ЛИНИЙ СВЯЗИ МЕТОДОМ МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Научная статья

Засс В.М. *

ГБУЗ НИИ ККБ №1, Краснодар, Россия

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

Аннотация

На примере описанной в литературных источниках специалистами Т8 сверхдлинной однопролетной линии связи длиной 502 км с канальной скоростью 100 Гбит/с в среде моделирования OptiSystem была исследована возможность построения точной модели такой сети. При построении модели экспериментальной исследовательской сети были рассчитаны характеристики элементов, описания на которые не были указаны в литературных источниках. Проведено характеристическое сравнение результатов исследования лабораторной линии и результатов моделирования. По результатам сравнения сделан вывод о работоспособности выбранной среды, а также о рентабельности замены лабораторной реализации исследуемых линий на компьютерное моделирование.

Ключевые слова: сверхдлинная однопролетная линия связи, моделирование, эрбиевый усилитель, спектр сигнала, BER, среда оптического моделирования OptiSystem, оптическое волокно.

STUDY OF SUPERLONG SINGLE-HOP LINES OPERATION BY THE SIMULATION METHOD

Research article

Zass V.M. *

SRI CCB No.1, Krasnodar, Russia

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

Abstract

Based on the example of a single-hop communication line, 502 km long with a channel speed of 100 Gbit/s described in literature sources, the possibility of constructing an exact model of such a network was investigated in the OptiSystem simulation environment. When building a model of an experimental research network, the characteristics of the elements were calculated, the descriptions for them have not yet been indicated in the literature. A characteristic comparison of the results of the laboratory line and the results of the simulation were also made. According to the results of the comparison, it was found that the selected environment is operable, as well as the profitable for replacing the laboratory implementation of the lines under investigation with computer modeling.

Keywords: superlong single-hop communication line, modeling, erbium amplifier, signal spectrum, BER, OptiSystem optical modeling environment, optical fiber.

1. Введение

В современных оптических линиях связи актуальной проблемой является увеличение длины безрегенерационного участка [7]. Благодаря использованию новых многопозиционных форматов модуляции и усилителей с удаленной накачкой (ROPA) реализация сверхдлинных однопролетных линий связи с канальной скоростью до 200 Гбит/сек стала реальностью [5]. К примеру, российский разработчик инфокоммуникационного оборудования, компания Т8, реализовала работу сверхдлинной однопролетной линии связи в лабораторных условиях. Рекордная дальность однопролетной линии на сегодняшний день составляет более 500 км и достигается при использовании оптических усилителей с удаленной накачкой (remote optically pumped amplifier, ROPA) и специального оптического волокна с низкими потерями [1]. Для реализации подобных схем кроме усилителей с удаленной накачкой используются бустеры (эрбиевые усилители, использующиеся для усиления сигнала перед входом в оптическое волокно), а также предусилители (используются для контроля уровня оптической мощности перед фотоприемником) [6].

Многие производители специализированного программного обеспечения для моделирования работы оптических линий связи и отдельных ее компонентов предлагают уменьшить материальные затраты заменив лабораторную реализацию исследуемых линий на компьютерное моделирование. Одним из таких производителей является компания Optiwave's Software, продвигающая инженерную программную среду OptiSystem [2]. Исследуем возможность моделирования сверхдлинной однопролетной линии связи в этой среде на примере реализованной в лабораторных условиях и описанной в работе [3] линии, представленной на рисунке 1.

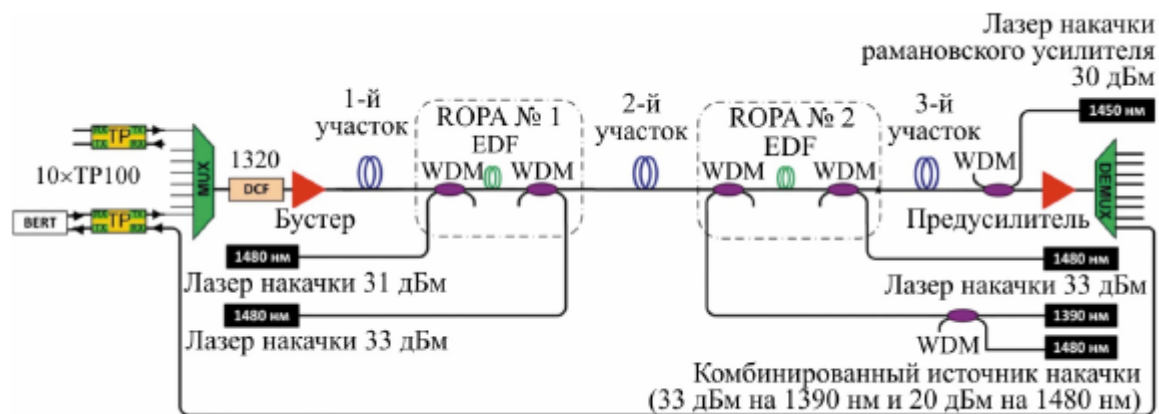


Рис. 1 – Схема экспериментальной линии

2. Построение компьютерной модели экспериментальной линии

Для эмуляции экспериментальной линии была использована инженерная среда OptiSystem, в которой имеются все составляющие элементы моделируемой сети.

В работе [3] не указан целый ряд необходимых для моделирования характеристик мультиплексоров, оптического волокна, усилителей с удаленной накачкой. Так как у большинства производителей характеристики схожи, большинство было взято из описаний на элементы ведущих производителей, если сама компания T8 не является производителем подобных компонентов.

Битовая скорость передачи с учетом блока коррективки битовых ошибок Pre-FEC составляла 120 Гбит/сек при канальной скорости 100 Гбит/сек [10].

При такой скорости влияние нелинейных эффектов, таких как FWM, SPM, XPM, на форму сигнала при мощности более 20 дБм становится значительным [4], что наглядно наблюдается при моделировании, результаты которого отображены на рисунке 2 (а). Особенно сильно указанные эффекты проявляются во втором пролете линии, где длина пролета составляет 279 км. Для сравнения, на рисунке 2(б) отображен спектр той же несущей, но при уровне оптической мощности 16,49 дБм. Как видно из рисунков, при меньшем уровне оптической мощности, вводимой в волокно, спектр сигнала имеет более сглаженную форму, что уменьшает коэффициент битовых ошибок [8].

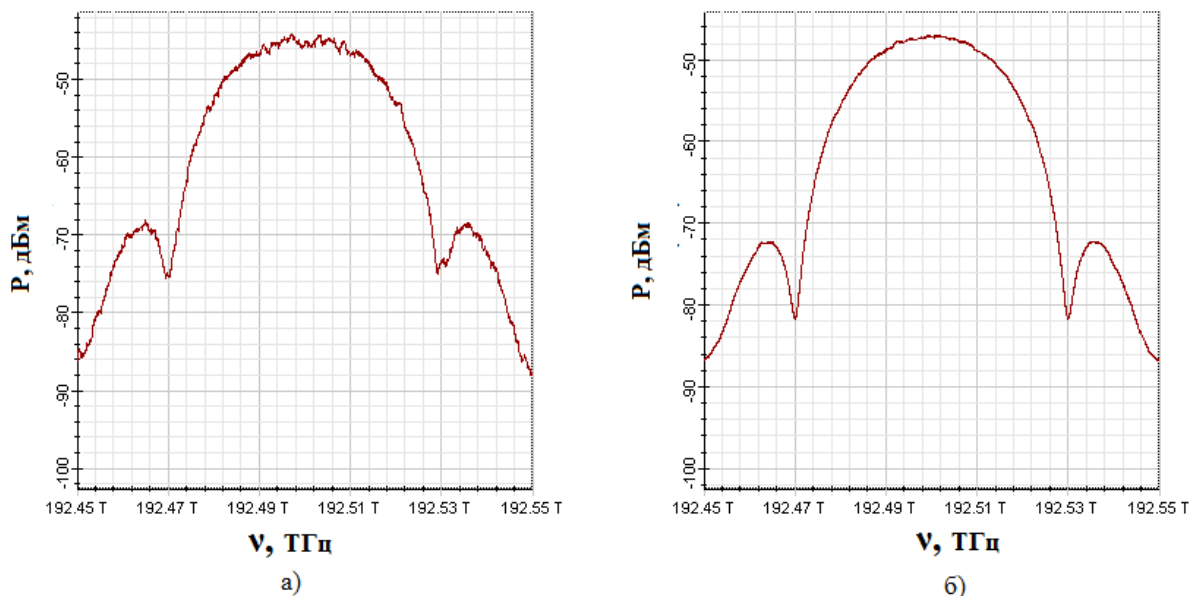


Рис. 2 – Спектр несущей при уровне оптической мощности перед вторым пролетом: 20,68дБм(а) и 16,49 дБм(б)

Для расчета длины активного волокна усилителей с удаленной накачкой был построен график зависимости коэффициента усиления от его длины при постоянном уровне входной мощности. Из рисунка 3 (а) видно, что при уровне входной мощности 7,7 дБм (уровень после первого пролета) оптимальным значением длины является величина в 6,7 метра (коэффициент усиления при этом составляет 12,8 дБ). Аналогичные расчеты были проведены и для ROPA 2 при уровне входной мощности -24,4 дБм (уровень после второго пролета). Оптимальным коэффициентом усиления для данной системы является значение 33 дБ, что соответствует длине волокна 18 метров (рисунок 3 (б)).

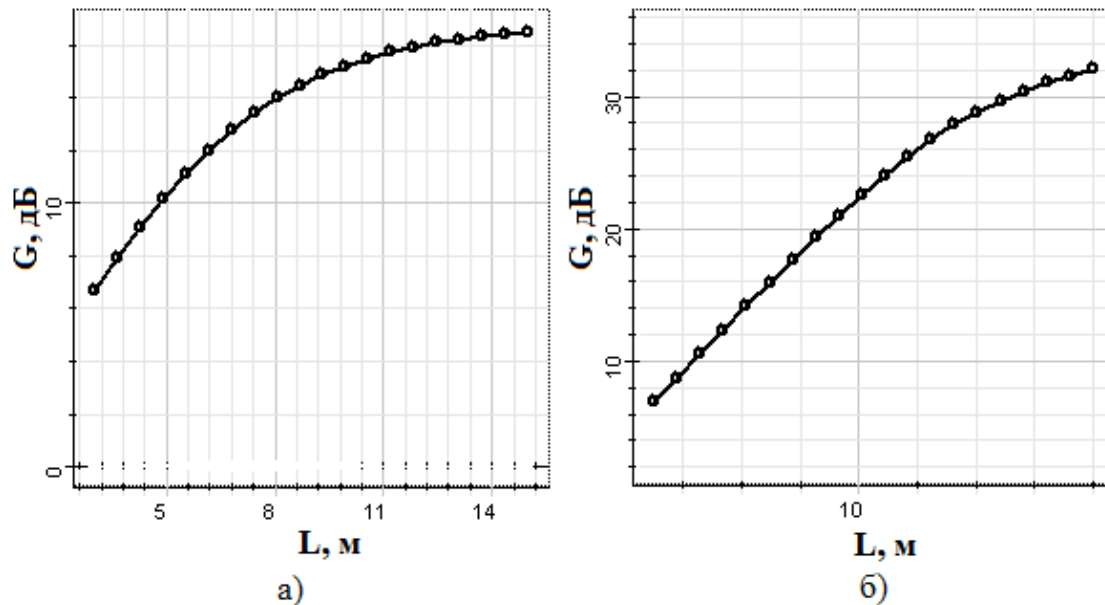


Рис. 3 – Зависимость коэффициента усиления от длины активного волокна: а) при мощности 7,7 дБм; б) при мощности -24,4 дБм

Исходя из характеристик волокон накачки усилителей ROPA, а также сведений об их удаленности от передающего и приемного конца линии сделан вывод об уровне оптической мощности накачки активного волокна удаленных усилителей. Для ROPA 1 это значение равно 158 мВт (длина волокна доставки 50 км, общие потери 8 дБ), а для ROPA – 15 мВт (длина волокна доставки 147 км, общие потери 22 дБ).

В результате моделирования в OptiSystem был получен спектр сигналов перед демультиплексором (после предусилителя), представленный на рисунке 4(а). При сравнении формы и зависимости амплитуды спектральных составляющих от длины волны с результатами лабораторного исследования [3] компании T8 (рисунок 4 (б)) наблюдается некоторое расхождение данных. Так, разница в уровне оптической мощности между 28 и 22 каналом в эксперименте составила 3 дБ, тогда как при моделировании 2 дБ. Форма спектра самих несущих каждого канала получилась менее сглаженной, о чем свидетельствует больший коэффициент битовых ошибок.

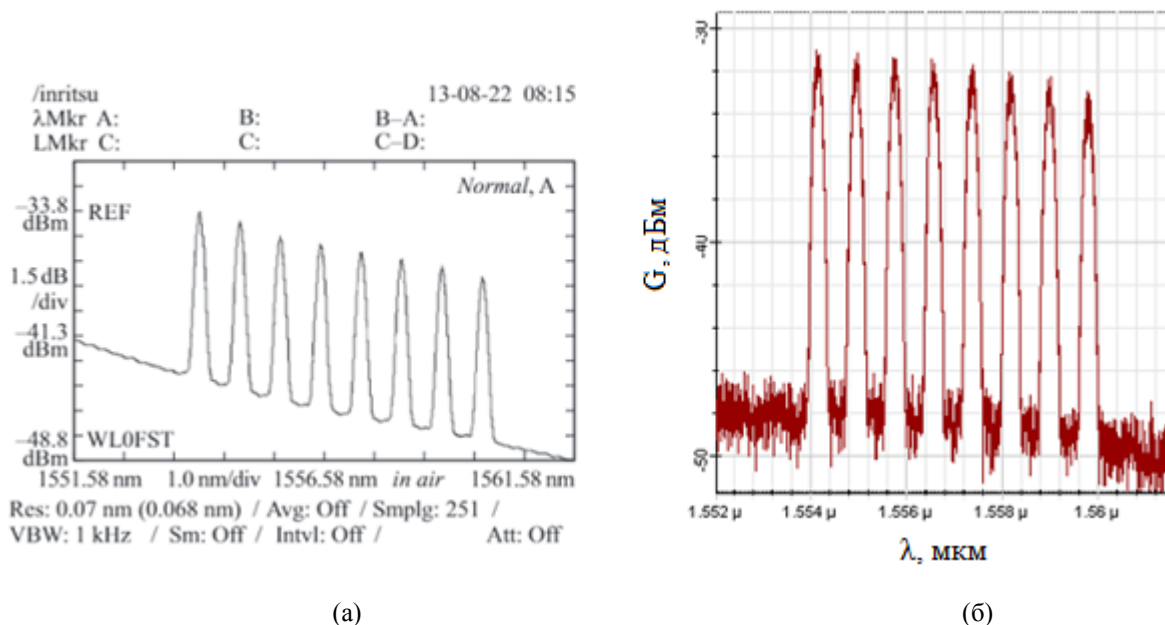


Рис. 4 – Спектр сигнала перед фотоприемником: а) – экспериментальный спектр; б) – результат моделирования

Для выбранного канала 192.5 ТГц коэффициент битовых ошибок BER, рассчитанный по формуле:

$$BER = \frac{N_{ошиб}}{N_{перед}}$$

где $N_{ошиб}$ – количество ошибочно переданных бит, а $N_{перед}$ – общее количество переданных бит наилучшим значением при передаче 2^{17} бит составил 0,0032. Это значение является наилучшим для рассчитанных значений

усилителей с удаленной накачкой и выбранных характеристик элементов схемы, которые были не указаны в статье [3]. При изменении указанных параметров элементов значение BER увеличивается. Полученный BER отличается от приведенного [3] в лабораторном эксперименте. Возможно, расхождение в значениях обусловлено тем, что при выборе параметров некоторых элементов линии связи из описаний на данные элементы были выбраны наилучшие значения. Тогда как в действительности существует некоторое отклонение от наилучших значений. В такой ситуации следовало бы использовать средние значения, однако, такие значения не всегда указываются производителями.

3. Заключение

В результате моделирования видно хоть и небольшое, но отклонение от результатов экспериментальных данных. Тем не менее, результаты для характеристик транспондера TP-100 «Волга» оказались лучше их критического значения BER 0,0191 [9]. Такое расхождение, возможно, обусловлено выбором наилучших характеристик для элементов исследуемой сети, а также отсутствием характеристик некоторых элементов, значения на которые приходилось брать из описаний на аналогичные компоненты.

Проведенное компьютерное моделирование в специализированной инженерной среде экспериментального стенда, имитирующего работу сверхдлинной однопролетной линии связи, показывает возможность экономии материальных и временных затрат на проектирование различных компонентов по отдельности и сетей в целом.

Числовые и качественные значения, полученные в ходе моделирования, близки к таковым в эксперименте. На основании этого можно сделать вывод о работоспособности выбранной среды моделирования и пригодности ее к использованию для решения задач по проектированию различных линий связи.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Гайнов В.В. Однопролетные оптические линии связи большой протяженности / В.В. Гайнов, В.А. Конышев, А.В. Леонов и др. // Прикладная фотоника. – 2015. – Т.2 – №1. – С.5-22.
2. OptiSystem Getting Started Optical Communication System Design Software – 2017 [Электронный источник] – URL: <https://optiwave.com/?wpdmdl=157.pdf> (дата обращения: 16.04.2019)
3. Гайнов В.В. Сверхдлинные однопролетные линии связи с удаленной накачкой оптических усилителей / В.В. Гайнов, Н.В. Гуркин, С.Н. Лукиных и др. // Журнал технической физики. – 2015. – Т.1 – №4. – С. 83-89.
4. Горлов Н.И. Анализ рассеяния оптического сигнала в оптических волокнах с учетом нелинейных эффектов / Н.И. Горлов, И.В. Богачков, С.В. Овчинников // Сборник науч. трудов SWorld. Мат. Междунар. науч.-практ. конф. «Современные направления теоретических и прикладных исследований 2012». – Вып. 1. – т. 8. – Одесса: Изд-во Купrienko, 2012. – ЦИТ: 112-727. – с. 55-57
5. Листвин В.Н. DWDM-системы / В.Н. Листвин, В.Н. Трещиков. – Москва: Техносфера, 2017. – 352 с.
6. Дмитриев С.А. Волоконно-оптическая техника. Современное состояние и новые перспективы / С.А. Дмитриев, Н.Н. Слепов. – Москва: Техносфера, 2010. – 608 с.
7. Роджер Л. Фриман. Волоконно-оптические системы связи / Роджер Л. Фриман. – Москва: Техносфера, 2007. – 514 с.
8. Трещиков В.Н. DWDM-системы / В.Н. Трещиков, В.Н. Листвин // Фотон-экспресс – 2012. №7. – С. 30-32
9. Гайнов В.В. Однопролетные ВОЛС большой протяженности: как снизить стоимость транспортных сетей / В.В. Гайнов, М. Слепов, В.Н. Трещиков. // Первая миля – 2015. №2. – С. 72-77
10. Гуркин Н. В. Нелинейный интерференционный шум в системах связи 100 Гбит/с с форматом модуляции DP-QPSK / Н. В. Гуркин, О.Е. Наний, А.Г. Новиков и др. // Квантовая электроника – 2013. №3. – С. 550-553

Список литературы на английском языке / References in English

1. Gainov V.V. Odnoproletnyye opticheskiye linii svyazi bol'shoy protyazhennosti [Long-span Single-span Optical Communication Lines] / V.V. Gainov, V.A. Konyshev, A.V. Leonov, S.N. Lukins, O.E. Naniy, P.I. Skvortsov, V.N. Treshchikov, I.I. Shikhaliyev, R.R. Ubaidullaev. // Prikladnaya Fotonika [Applied photonics]. – 2015. – Vol.2 – No.1. – P.5-22. [in Russian]
2. OptiSystem Getting Started Optical Communication System Design Software – 2017 [Electronic source] - URL: <https://optiwave.com/?wpdmdl=157.pdf> (accessed: 16.04.2019)
3. Gainov V.V. Sverkhdlinnyye odnoproletnyye linii svyazi s udalennoy nakachkoy opticheskikh usiliteley [Ultra-long Single-span Communication Lines with Remote Pumping of Optical Amplifiers] / V.V. Gainov, N.V. Gurkin, S.N. Onions of others, O.E. Naniy, V.N. Treshchikov // Zhurnal tekhnicheskoy fiziki [Journal of Technical Physics] – 2015. – Vol.1 – No.4. – P. 83-89. [in Russian]
4. Gorlov N.I. Analiz rasseyaniya opticheskogo signala v opticheskikh voloknakh s uchetom nelineynykh effektiv [Analysis of Optical Signal Scattering in Optical Fibers Taking into Account Nonlinear Effects] / N.I. Gorlov, I.V. Bogachkov, S.V. Ovchinnikov // Sbornik nauch. trudov SWorld. Mat. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. «Sovremennyye napravleniya teoreticheskikh i prikladnykh issledovaniy 2012» [Collection of scientific. works SWorld. Mat. International scientific-practical conf. "Modern directions of theoretical and applied research 2012"]. – Vol. 1. – V. 8. – Odessa: Kuprienko Publishing House, 2012. – CIT: 112-727. – P. 55-57 [in Russian]
5. Listvin V.N. DWDM-sistemy [DWDM Systems] / V.N. Listvin, V.N. Treshchikov. – M.: Technosphere, 2017. – 352 p. [in Russian]
6. Dmitriev S.A. Volokonno-opticheskaya tekhnika. Sovremennoye sostoyaniye i novyye perspektivy [Fiber Optic Technology. Current State and New Perspectives] / S.A. Dmitriev, N.N. Sleep. – M.: Technosphere, 2010. – 608 p. [in Russian]
7. Roger L. Freeman. Volokonno-opticheskiye sistemy svyazi [Fiber-optic communication systems] / Roger L. Freeman. – M.: Technosphere, 2007. – 514 p. [in Russian]
8. Treshchikov V.N. DWDM-sistemy [DWDM Systems] / V.N. Treshchikov, V.N. Listvin // Foton-express – 2012. No.7. – P. 30-32 [in Russian]
9. Gainov V.V. Odnoproletnyye VOLS bol'shoy protyazhennosti: kak snizit' stoimost' transportnykh setey [Large Span Single-span Fiber-optic Links: How to Reduce the Cost of Transport Networks] / V.V. Gainov, M. Sleptsov, V.N. Treshchikov. // [First mile] – 2015. – No.2. – P. 72-77 [in Russian]
10. Gurkin N. V. Nelineyny interferentsionnyy shum v sistemakh svyazi 100 Gbit/s s formatom modulyatsii DP-QPSK [Nonlinear Interference Noise in 100 Gbit/s Communication Systems with a DP-QPSK Modulation Format] / N. V. Gurkin, O.E. Naniy, A.G. Novikov, S.O. Plaksin, V.N. Treshchikov, R.R. Ubaidullaev. // Kvantovaya elektronika [Quantum Electronics] – 2013. – No.3. – P. 550-553 [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.83.5.005>

О ВНУТРЕННИХ УГРОЗАХ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Научная статья

Исаева М.Ф. *

ORCID: 0000-0002-6765-1890,

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

* Корреспондирующий автор (isaeva.mf[at]gmail.com)

Аннотация

В данной статье рассматриваются угрозы, которые могут привести к нарушению основных свойств информации – конфиденциальности, целостности и доступности. Рассмотрены и классифицированы организационные и технологические меры для предотвращения инсайдерских (внутренних) угроз информационной безопасности. Рассмотрены меры, использующиеся при управлении информационной безопасностью, по противодействию внутренним угрозам на каждом этапе их действия – «предотвращение», «обнаружение» и «реагирование» на возникшую угрозу.

Ключевые слова: внутренние угрозы информационной безопасности, инсайдер, управление информационной безопасностью.

ON INTERNAL INFORMATION SECURITY THREATS

Research article

Isaeva M.F. *

ORCID: 0000-0002-6765-1890,

FSBEI of HE Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, St. Petersburg, Russia

* Corresponding author (isaeva.mf[at]gmail.com)

Abstract

This article discusses the threats that may violate the basic properties of information – confidentiality, integrity, and availability. Organizational and technological measures to prevent insider (internal) threats to information security are reviewed and classified as well. The measures used in the management of information security to counter the internal threats at each stage of their action – prevention, detection, and response to the emerging threat are also considered in the paper.

Keywords: internal information security threats, insider, information security management.

Современные организации используют информационные системы для хранения, обработки и распространения ценных информационных активов. Какие именно информационные активы считаются ценными зависит от организации, но примерами являются стратегическая информация и интеллектуальная собственность, которые дают организации конкурентное преимущество.

Поэтому информационные системы, содержащие эту информацию, сталкиваются с различными угрозами, исходящими как извне, так и изнутри [8]. Так называемые агенты угроз порождают угрозы, использующие уязвимости в информационных системах и/или мерах информационной безопасности. Эти меры вводятся организациями с целью снижения риска для безопасности информации, которая считается для них наиболее ценной [9].

Целью данной работы является изучение проблемы обнаружения внутренних угроз информационной безопасности и противодействия им. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи: изучить существующую информацию о внутренних угрозах, выявить к чему может привести наличие внутренних угроз, каким образом осуществляется противодействие внутренним угрозам.

Нарушение безопасности может привести к несанкционированному разглашению, изменению или повреждению информации. Эти три примера относятся к трем свойствам информационной безопасности, которые обычно называются конфиденциальностью, целостностью и доступностью:

– Конфиденциальность означает, что информация доступна по принципу служебной необходимости, и что несанкционированный доступ предотвращен.

– Целостность означает, что информация не была изменена или повреждена неправомерно, либо случайно, либо намеренно.

– Доступность гарантирует, что информация готова к законному использованию, когда она требуется, и что она будет поддерживать способность организации функционировать и достигать своих целей.

Несмотря на то, что меры по устранению угроз для конфиденциальности, целостности или доступности информации могут варьироваться для разных организаций и определяется основной миссией, целями и процессом деятельности организации, на передний план выходят внутренние угрозы информационной безопасности [4].

Внутренние (инсайдерские угрозы) информационной безопасности – это угрозы, которые исходят от штатных работников организации [10] и работников, работающих по подряду. Внутренние угрозы информационной безопасности сложнее поддаются решению, чем технические угрозы. Для их решения требуется сочетание социологических и социально-технических методов [3]. Люди демонстрируют изменчивое поведение, могут скрывать свои истинные эмоции и намерения от окружающих, как правило, меняют своё поведение в зависимости от изменения ситуации [2]. В имеющейся литературе многие авторы подчеркивают, что информационная безопасность – это не

только вопрос технических средств контроля или мер. Информационная безопасность включает в себя людей, организационные факторы, технологии и рабочую обстановку. Чтобы учесть все эти аспекты обнаружение инсайдеров должно осуществляться путем внедрения комплекса организационных и технологических мер [1], [5], [11]:

– Технический контроль включает механизмы защиты информационных систем от атак или инцидентов. Например, антивирусное программное обеспечение, контроль доступа, резервное копирование, восстановление и аудит программного обеспечения.

– Формальный контроль включает в себя бизнес-структуры и процессы, которые обеспечивают правильное общее ведение бизнеса и снижают вероятность инцидента или атаки или, по крайней мере, сводят к минимуму его влияние. Например, отделение службы безопасности от других ИТ-отделов, правильное разделение обязанностей и, следовательно, прав доступа и привилегий, разработка и контроль соответствующих отношений между сотрудником и руководителем, регулярные оценки рисков и т. д.

– Неформальный контроль в основном касается культуры, ценностей и убеждений в организации. Организационная культура, в рамках которой можно понять намерения руководства, а также способствующая выработке единого мнения и других неофициальных целей, позволит членам организации проявлять больший интерес к своей деятельности и успеху организации в целом. Неформальный контроль может создаваться, например, путем повышения осведомленности о проблемах безопасности посредством образовательных и учебных программ.

Многие меры, направленные на обнаружение инсайдерских угроз, развиваются под влиянием подходов, которые используются для обнаружения внешних угроз. Широко используются подходы, разработанные для обнаружения вторжений, в том числе мониторинг сети организации [6]. Тем не менее, эти подходы не всегда эффективны для обнаружения внутренних угроз и могут давать большое количество ложно положительных результатов [13]. Таким образом, эти подходы имеют ограниченное применение при обнаружении инсайдерских угроз. В том числе, системы обнаружения вторжений используют сигнатуры атак и не могут обнаружить действия, которые не оставляют записи в системах журналирования.

Также меры по противодействию внутренним угрозам необходимо классифицировать на основе этапа их действия:

– Предотвращение. Меры, направленные на предотвращение возникновения внутренней угрозы, в том числе меры по прогнозированию инсайдерских атак на основе потенциальных показателей. Внутренняя политика является основой для соблюдения нормативных требований и предотвращения инсайдерских инцидентов. Политика определяет и регулирует действия и поведение персонала в организации. Однако сама по себе политика не очень полезна, если она не подкреплена последствиями. Эти последствия оказывают наибольшее воздействие на внутреннюю угрозу.

– Обнаружение. Меры, направленные на выявление наличия внутренней угрозы, если атака происходит или уже произошла. Существует несколько методов обнаружения атак извне, однако, выявлять инсайдерские действия намного сложнее. Инсайдерские действия могут обнаруживаться с помощью инструментов мониторинга и ведения журналов, а также осведомителей и приманок.

– Реагирование. Меры, применяемые для устранения внутренней угрозы после ее возникновения. Эти меры могут быть корректирующими и пресекающими, чтобы свести к минимуму последствия. Организации могут также принимать ответные меры в отношении соответствующих инсайдеров. На первый взгляд, реакция на внутреннюю угрозу кажется довольно простой: судебный процесс. Однако в действительности реакция на внутренние угрозы может быть довольно сложной. Организации, как правило, скрывают угрозу от общественности из-за боязни негативных отзывов в прессе. В тех случаях, когда реакцией были судебные иски, организации не возмещали ущерб, а наказывали соответствующих инсайдеров. Для общественности это может выглядеть так, будто организация делает все, что в ее силах, чтобы защитить себя.

На основе вышесказанного можно сделать вывод, что несмотря на растущую потребность в методе, способном помогать выявлять инсайдерские угрозы, на данный момент отсутствует универсальный подход, способный комплексно решать проблему обнаружения внутренних угроз и противодействия им, т.к. обнаружение инсайдерской угрозы возможно только при наличии адекватной модели, которая описывает организацию, ее информационные активы и работников.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Chinchani R. Towards a theory of insider threat assessment / Chinchani R. // International Conference In Dependable Systems and Networks. 2005. С. 108–117.
2. Greitzer F.L. Modeling Human Behavior to Anticipate Insider Attacks / Greitzer F.L., Hohimer R.E. // Journal of Strategic Security. 2011. № 2 (4). С. 25–48.
3. Hunker J. Insiders and insider threats—an overview of definitions and mitigation techniques / Hunker J., Probst C. // Journal of Wireless Mobile Networks, Ubiquitous 2011. С. 4–27.
4. Insider Threat Report: 2018 - CA Technologies // CA Technologies URL: <https://www.ca.com/content/dam/ca/us/files/ebook/insider-threat-report.pdf> (дата обращения: 18.07.2018).
5. Udoeyop A.W. Cyber Profiling for Insider Threat Detection / Udoeyop A.W. 2010. С. 70.
6. Аникин И.В. Управление внутренними рисками информационной безопасности корпоративных информационных сетей / Аникин И.В. // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Информатика. Телекоммуникации. Управление. 2009. №3 (80).

7. Денис М. Ахен CMMI: Комплексный подход к совершенствованию процессов. Практическое введение в модель / Денис М. Ахен, А. Клауз, Р. Тернер. — М: «МФК», 2005, 300 с. ISBN 5-85389-082-4.
8. Поляничко М.А. Модель среды возникновения инсайдерской угрозы / Поляничко М.А. // Естественные и технические науки. 2018. - №12., Выпуск (126). - 2018 - с. 449 - 453.
9. Поляничко М.А. Модель зрелости процессов противодействия внутренним угрозам / Поляничко М.А. // Естественные и технические науки. 2018. - №11., Выпуск (125). - 2018 - с. 452 - 456.
10. Поляничко М.А. Предметно-ориентированная онтология представления инсайдерской угрозы / Поляничко М.А. // Естественные и технические науки. 2018. - №12., Выпуск (126). - 2018 - с. 453 - 458.
11. Поляничко М.А. Использование технических индикаторов для выявления инсайдерских угроз / Поляничко М.А. // Кибернетика и программирование. — 2018. - № 6. - С.40-47. DOI: 10.25136/2306-4196.2018.6.27970. URL: http://e-notabene.ru/kp/article_27970.html.
12. Поляничко М.А., Королев А.И. Подход к выявлению инсайдерских угроз в организации / Поляничко М.А. // Естественные и технические науки. 2018. - №9., Выпуск (123). - 2018 - с. 152 - 154.
13. Ветлугин К.А. Использование структурно-логического моделирования при оценке риска информационной безопасности и анализе защищенности и надёжности автоматизированных систем управления производственными и технологическими процессами на объектах, представляющих опасность для жизни и здоровья людей / Ветлугин К.А., Исаева М.Ф. // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9, №3 (2017) <http://naukovedenie.ru/PDF/18TVN317.pdf>
14. Исаева М.Ф. Проблемы обеспечения целостности информации в гетерогенных распределенных источниках данных. Региональная информатика и информационная безопасность / Исаева М.Ф., Глухарев М.Л. // Сборник трудов. Выпуск 2 / СПОИСУ. — СПб, 2016. — с.344-346

Список литературы на английском языке / References in English

1. Chinchani R. Towards a theory of insider threat assessment / Chinchani R. // International Conference In Dependable Systems and Networks. 2005. С. 108–117.
2. Greitzer F.L. Modeling Human Behavior to Anticipate Insider Attacks / Greitzer F.L., Hohimer R.E. // Journal of Strategic Security. 2011. № 2 (4). С. 25–48.
3. Hunker J. Insiders and insider threats—an overview of definitions and mitigation techniques / Hunker J., Probst C. // Journal of Wireless Mobile Networks, Ubiquitous 2011. С. 4–27.
4. Insider Threat Report: 2018 - CA Technologies // CA Technologies URL: <https://www.ca.com/content/dam/ca/us/files/ebook/insider-threat-report.pdf> (дата обращения: 18.07.2018).
5. Udoeyop A.W. Cyber Profiling for Insider Threat Detection / Udoeyop A.W. 2010. С. 70
6. Anikin I.V. Upravlenie vnutrennimi riskami informacionnoj bezopasnosti korporativnyh informacionnyh setej [Management of internal risks of information security of corporate information networks] / Anikin I.V. // Nauchno-tehnicheskie vedomosti SPbGPU. Informatika. Telekommunikacii. Upravlenie. [Scientific and technical statements of SPbPU. Computer science. Telecommunications. Control.] 2009. №3 (80). [in Russian]
7. Денис М. Ахен CMMI: Kompleksnyj podhod k sovershenstvovaniyu processov. Prakticheskoe vvedenie v model'. [An integrated approach to process improvement. Practical introduction to the model] / Denis M. Ahen, A. Klauz, R. Terner — М: «МФК», 2005, 300 P. ISBN 5-85389-082-4. [in Russian]
8. Polyanichko M.A. Model' sredy vozniknoveniya insajderskoj ugrozy [Insider Threat Environment Model] / Polyanichko M.A. // Estestvennye i tekhnicheskie nauki [Natural and Technical Sciences] 2018. - №12., Instalment (126). - 2018 - P. 449 - 453. [in Russian]
9. Polyanichko M.A. Model' zrelosti processov protivodejstviya vnutrennim ugrozam [The maturity model of the process of countering internal threats] // Estestvennye i tekhnicheskie nauki [Natural and Technical Sciences] . 2018. - №11., Instalment (125). - 2018 - P. 452 - 456. [in Russian]
10. Polyanichko M.A. Predmetno-orientirovannaya ontologiya predstavleniya insajderskoj ugrozy [Domain-specific ontology of the insider threat presentation] / Polyanichko M.A. // Estestvennye i tekhnicheskie nauki [Natural and Technical Sciences]. 2018. - №12., Instalment (126). - 2018 - P. 453 - 458. [in Russian]
11. Polyanichko M.A. Ispol'zovanie tekhnicheskikh indikatorov dlya vyyavleniya insajderskih ugroz [Using of technical indicators to identify insider threats] / Polyanichko M.A. // Kibernetika i programmirovaniye. [Cybernetics and programming] — 2018. - № 6. - S.40-47. DOI: 10.25136/2306-4196.2018.6.27970. URL: http://e-notabene.ru/kp/article_27970.html. [in Russian]
12. Polyanichko M.A. Podhod k vyyavleniyu insajderskih ugroz v organizacii [An approach to identifying insider threats in an organization] / Polyanichko M.A., Korolev A.I. // Estestvennye i tekhnicheskie nauki. [Natural and Technical Sciences] 2018. - №9., Instalment (123). - 2018 - P. 152 - 154. [in Russian]
13. Vetlugin K.A. Ispol'zovanie strukturno-logicheskogo modelirovaniya pri ocenke riska informacionnoj bezopasnosti i analize zashchishchennosti i nadyozhnosti avtomatizirovannyh sistem upravleniya proizvodstvennymi i tekhnologicheskimi processami na ob"ektah, predstavlyayushchih opasnost' dlya zhizni i zdorov'ya lyudej [Using structural-logical modeling in the risk assessment of information security, in security and reliability analysis of automated control systems of production and technological processes on the objects presenting danger to life and health of people] / Vetlugin K.A., Isaeva M.F. // Internet-magazine «NAUKOVEDENIE» Volume 9, №3 (2017) <http://naukovedenie.ru/PDF/18TVN317.pdf> [in Russian]
14. Isaeva M.F. Problemy obespecheniya celostnosti informacii v geterogennyh raspredelennyh istochnikah dannyh. [Problems of ensuring the integrity of information in heterogeneous distributed data sources] / Isaeva M.F., Gluharev M.L. // Regional'naya informatika i informacionnaya bezopasnost'. Sbornik trudov. [Regional informatics and information security. Collected Works] Instalment 2 / SPOISU. — SPb, 2016. — p.344-346

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.83.5.006>

СВОЙСТВА ВЯЗКОСТИ РАССОЛОВ, СОДЕРЖАЩИХ МОЛОЧНО-БЕЛКОВУЮ СМЕСЬ «MILANA 100» Обзор

Савинкова Е.А.^{1,*}, Кабанова Т.Б.²

¹ ORCID: 0000-0002-0388-8880;

² ORCID: 0000-0001-7771-5803;

^{1,2} Марийский государственный университет, Йошкар-Ола, Россия

* Корреспондирующий автор (shalagina-kate[at]inbox.ru)

Аннотация

Использование молочно-белковых комплексов позволит получить новый продукт для мясоперерабатывающих предприятий с сохранением их качественных характеристик. На стадии приготовления рассола предусмотрено добавление «Milana 100», что дает более равномерное распределение всех ингредиентов данной добавки. Установлено оптимальное количество молочно-белкового комплекса в составе одной порции шприца рассола, а динамическая вязкость рассола указана в зависимости от продолжительности технологии после приготовления.

Ключевые слова: молочно-белковый комплекс, «Milana 100», шприц рассола, динамическая вязкость, длительность технологии.

THE VISCOSITY PROPERTIES OF THE BRINES CONTAINING MILK-PROTEIN MIXTURE «MILANA 100» Review

Savinkova E.A.^{1,*}, Kabanova T.B.²

¹ ORCID: 0000-0002-0388-8880;

² ORCID: 0000-0001-7771-5803;

^{1,2} Mari State University, Yoshkar-Ola, Russia

* Corresponding author (shalagina-kate[at]inbox.ru)

Abstract

The using of milk-protein complexes will allow getting a new product for meat processing enterprises with keeping their quality characteristics. The addition of «Milana 100» is envisaged at the brine preparation stage, that means more evenly distribution of all the ingredients of this additive. The optimal amount of the milk-protein complex in the composition of the syringe brine was established, and the dynamic viscosity of the brine was indicated depending on the duration of the technology after preparation.

Keywords: milk-protein complex, «Milana 100», syringe brine, dynamic viscosity, the duration of technology.

Currently, there are a large number of food ingredients on the domestic market to replace meat raw material and enhance its functional properties: vegetable proteins, animal proteins based on collagen-containing raw materials, plasma proteins, milk proteins.

The analysis of the properties of certain types of protein ingredients of animal origin, as well as the assessment of their technological advantages and disadvantages, made it possible to formulate the concept of their joint use in order to minimize undesirable and enhance the positive properties of each individual type of protein products.

Considering these circumstances, we developed Milk-Protein Mixtures of «Milana», representing certain combinations of various types of animal proteins, each has pronounced specific technological properties and can be used in the composition of meat products depending on the type of products, their recipe and technological tasks [1].

Milk-protein mixture «Milana 100» is a mixture of milk-protein serum albumens, connective tissue and egg albumen. The mixture does not contain vegetable proteins, polysaccharides and food supplements.

The main purpose of «Milana 100» is it's using in the composition of meat products instead of a part of muscle tissue and / or increasing the functionality of low-grade meat raw material. The proteins which are part «Milana 100» are capable of interacting with muscle protein. As a result, the introduction of «Milana 100» in the recipes of meat products provides a higher binding and moisture retention in the composition of the meat product compared to its own hydration of the protein complex, improving the taste and color characteristics of meat products [2].

Another important property of the «Milana 100» protein complex is syneresis resistance. Natural color-reclamators, which present in the «Milana 100» milk protein composition, protect the heme pigments of meat from oxidation, what ensures the formation of attractive and stable during storage color of meat products.

For the purpose of the possible use of the milk-protein mixture «Milana 100» in composition of brines in the production of solid meat products, the viscosity properties of freshly prepared brines were studied, and after keeping them at a temperature of 4-6 ° C for 1 hour with different levels of content in them milk protein mixture (Fig. 1).

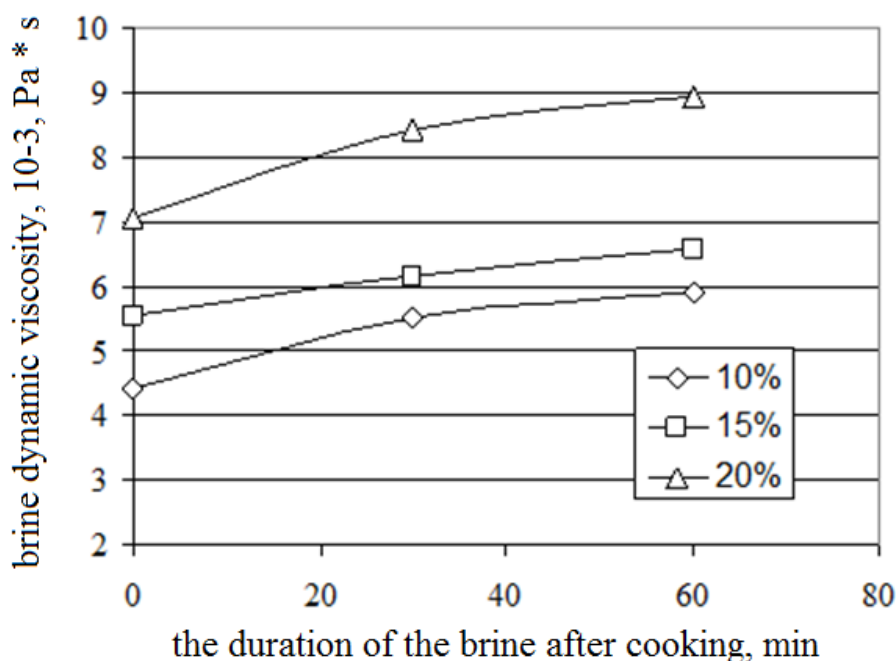


Fig. 1 – The dependence of the dynamic viscosity of brines on the duration of their exposure after preparation, min

From the presented research results it is clear that with an increase of concentration of the milk-protein mixture «Milana 100» in brine, its viscosity increases too. So, with the content of «Milana 100» in brine in the amount of 10% by weight of the brine, its viscosity is $4.42 \cdot 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{s}$. With an increase in the concentration of the milk-protein mixture in brine to 15 and 20%, its viscosity increases, respectively, by 25.6 and 60.0%. It should be noted that when the concentration of the milk-white mixture in brine is 20%, the brine becomes thick and difficult to pass through the holes in the needles of the injector. At the same time, it is evident from Fig. 1 that at the level of the introduction of the milk-protein mixture «Milana 100» into the brine in an amount of 20% and with an exposure for 60 minutes, the viscosity of the brine significantly increases, which does not allow its use in extrusion of muscle tissue.

In the process of extracting the brine for 60 minutes at a concentration of milk-protein mixture in the amount of 10 and 15%, its viscosity increases slightly, which makes possible the using of these brines for syringing meat raw materials in the production of solid products.

In conclusion, it should be noted that developed milk-protein mixture «Milana 100» has no analogues on the market and cannot be considered as a mono-protein ingredient in terms of its use in meat technology. For the preparation of syringe breakers, the concentration of Milano-Protein Mix «Milana 100» should not exceed 15%.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Молочно-белковые смеси. ТУ 9199-001-84711947-08. М. – 2008.
2. Кудряшов Л.С. Молочно-белковые смеси «MILANA» при производстве мясопродуктов / Кудряшов Л.С., Кудряшова О.А. // Материалы III Международной научно-технической конференции. Инновационные технологии и оборудование для пищевой промышленности (приоритеты развития). – Воронеж, 22-24 сентября 2009 г. – Воронеж. – 2009. – С.84-88.
3. Савинкова Е.А. Разработка технологии вареной баранины в отрубе с использованием молочно-белкового комплекса / Савинкова Е.А. – Дисс. Канд. тех. наук., Воронеж, 2012.
4. Кабанова Т.В. РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВАРКИ ЯГНЕНКА В КОЖЕ, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОЛОЧНО-БЕЛКОВОГО КОМПЛЕКСА / Кабанова Т.В., Смоленцев С.Ю., Савинкова Е.А. и др. // Фармацевтические, биологические и химические науки. 2016. Т. 7. №3. С. 839-846.
5. Кудряшов Л.С. Пищевая ценность копченого барашка с молочно-белковой смесью / Кудряшов Л.С., Шалагина Е.А. // Мясная индустрия, 2011. №10.
6. Кудряшов Л.С., Шалагина Е.А. Использование молочно-белковых комплексов при производстве продуктов из баранины / Кудряшов Л.С., Шалагина Е.А. // Мясная индустрия, 2011. №1.
7. Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013-2020 годы [Электронный ресурс]. - URL: <http://mcx.ru>
8. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 25 октября 2010 г. № 1873-р «Об основах государственной политики в области здорового питания населения Российской Федерации на период до 2020 года» [Электронный ресурс].
9. Соловьева А.А. Актуальные биотехнологические решения в мясной промышленности / А.А. Соловьева // Молодой ученый. - 2013. - № 5. - С. 105–107.

10. Жаринов А.И. Цельно-мышечные и реструктурированные мясные продукты / А.И. Жаринов О.В. Кузнецова, Н.А. Черкашина. – М.: РЕ-М, 1997. – 178 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Molochno-belkovye smesi TU 9199-001-84711947-08 [Milk-protein mixtures TU 9199-001-84711947-08]. М.- 2008. [in Russian]
2. Kudryashov L.S. Molochno-belkovye smesi «MILANA» pri proizvodstve myasoproduktov [Milk-protein mixtures "MILANA" in the production of meat products] / Kudryashov L.S., Kudryashova O.A. // Materialy III Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii. Innovacionnye tekhnologii i oborudovanie dlya pishchevoj promyshlennosti (priority razvitiya) [Proceedings of the III International Scientific and Technical Conference. Innovative technologies and equipment for the food industry (development priorities)] .- Voronezh, September 22-24, 2009.- Voronezh .- 2009. –P.84-88. [in Russian]
3. Savinkova E.A. Razrabotka tekhnologii varenoj baraniny v otrube s ispol'zovaniem molochno-belkovogo kompleksa [Development of boiled mutton technology in a shell using a milk-protein complex] / Savinkova E.A. - Diss. cand. tech. sciences., Voronezh, 2012. [in Russian]
4. Kabanova T.V. Razvitie tekhnologii varki yaghenka v kozhe, s ispol'zovaniem molochno-belkogo kompleksa [Development of technology lamb boiled in the skin with the use of milk-protein complex] / Kabanova T.V., Smolentsev S.Yu., Savinkova E.A. and others // Armacevticheskie, biologicheskie i himicheskie nauki [Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences]. 2016. T. 7. №3. С. 839-846. [in Russian]
5. Kudryashov L.S. Pishchevaya cennost' kopchenogo barashka s molochno-belkovoj smes'yu [Nutritional value of smoked lamb with milk protein mixture] / Kudryashov L.S., Shalagina E.A. // Meat industry, 2011. №10. [in Russian]
6. Kudryashov L.S. Ispol'zovanie molochno-belkovyh kompleksov pri proizvodstve produktov iz baraniny [The use of milk-protein complexes in the production of lamb products] / Kudryashov L.S., Shalagina E.A. // Meat industry, 2011. №1. [in Russian]
7. Gosudarstvennaya programma razvitiya sel'skogo hozyajstva i regulirovaniya rynkov sel'skohozyajstvennoj produkcii, syr'ya i prodovol'stviya na 2013-2020 gody [The State Program for the Development of Agriculture and Regulation of Agricultural Products, Raw Materials and Food Markets for 2013-2020] [Electronic resource]. - URL: [http:// mcx.ru](http://mcx.ru) [in Russian]
8. Rasporyazhenie Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 25 oktyabrya 2010 g. № 1873-р «Ob osnovah gosudarstvennoj politiki v oblasti zdorovogo pitaniya naseleniya Rossijskoj Federacii na period do 2020 goda» [Order of the Government of the Russian Federation of October 25, 2010 N 1873-p "On the basis of the state policy concerning a healthy diet for the population of the Russian Federation for the period until 2020"] [Electronic resource]. [in Russian]
9. Solovyeva A.A. Aktual'nye biotekhnologicheskie resheniya v myasnoj promyshlennosti [Relevant biotechnological solutions in the meat industry] / A.A. Solovyeva // Young scientist. - 2013. - № 5. - P. 105–107. [in Russian]
10. Zharinov A.I. Cel'no-myshechnye i restrukturirovannye myasnye produkty [Whole-muscle and restructured meat products] / A.I. Zharinov, O.V. Kuznetsova, N.A. Cherkashina. –М.: РЕ-М, 1997. -178 p. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.83.5.007>**ОПТИМИЗАЦИЯ ВЫБОРА ВАРИАНТА МОДЕРНИЗАЦИИ МЕСТНОЙ СЕТИ СВЯЗИ**

Научная статья

Белов Ю.Н.¹, Цацкина А.Ю.² *^{1, 2} Кубанский государственный университет, Краснодар, Россия

* Корреспондирующий автор (lika.tsatsa[at]gmail.com)

Аннотация

На основе литературных источников проведен обзор проводных технологий ШПД на участке последней мили, определены основные критерии, влияющие на развертывание сети доступа. С учетом разных типов застройки выбранного объекта при модернизации сетевой инфраструктуры определены технологии доступа, ориентированные на увеличение полосы пропускания линии связи для повышения качества услуг и введения новых сервисов. С учетом различных вариантов усовершенствования сети разработан алгоритм действий, который позволяет оптимизировать процесс выбора варианта модернизации местной сети связи.

Ключевые слова: широкополосный абонентский доступ, проводной доступ, xDSL, HFC, PLC, FTTx, модернизация сети связи, критерии выбора, тип застройки, алгоритм действий при модернизации.

OPTIMIZATION OF MODERNIZATION OPTION SELECTION IN LOCAL COMMUNICATION NETWORK

Research article

Belov Yu.N.¹, Tsatskina A.Yu.² *^{1, 2} Kuban State University, Krasnodar, Russia

* Corresponding author (lika.tsatsa[at]gmail.com)

Abstract

Based on the information from literature, the authors made a review of wired broadband access technologies in the last mile section. The main criteria affecting the deployment of the access network are determined in the paper. Taking into account different types of development of the selected object during the modernization of the network infrastructure, the authors identified access technologies that are aimed at increasing the communication bandwidth to improve the quality of services and introduce new services. Taking into account various options for improving the network, they have developed an algorithm, which allows optimizing the process of choosing the option of upgrading a local communication network.

Keywords: broadband subscriber access, wired access, xDSL, HFC, PLC, FTTx, communication network modernization, selection criteria, type of development, the algorithm of actions during modernization.

Введение

Широкополосный доступ (ШПД) в настоящее время имеет огромное значение во всех сферах деятельности человека. Объем информации и ее различные варианты предоставления постоянно увеличиваются, в связи с чем телекоммуникациям требуется также стремительно развиваться. С ростом спроса на пропускную способность канала для передачи данных вопрос последней мили остается актуальным на сегодня. Разнообразие технологий ШПД предоставляют достаточно широкий выбор провайдером и конечными пользователями, который основывается в равной степени на технических факторах и стоимости услуг, оборудования и дополнительных затрат на реализацию и обслуживание местной сети.

Двумя основными вариантами предоставления доступа к сети Интернет являются проводные и беспроводные сети связи [1]. Первые в себя включают семейство технологий xDSL, HFC, PLC, семейство технологий FTTx. Ко вторым относятся доступ посредством фиксированной радиосвязи, спутниковой и мобильной (сотовой) связи.

Обзор технологий проводного ШПД

xDSL (Digital Subscriber Line) [2] – семейство технологий, предоставляющие услуги по уже существующим телефонным линиям за счет расширения полосы пропускания абонентской сети общего пользования. Таким образом, абонент может получать одновременно несколько услуг, которые не оказывают влияния друг на друга. Множество вариантов подключения дают право выбора наиболее оптимального решения при реализации одной из технологий xDSL, исходя из состояния существующей линии, ее протяженности (наиболее весомые факторы, оказывающие влияние на скорость доступа к сети Интернет).

Наибольшую популярность приобрела технология ADSL и ее вариации, основополагающими преимуществами которой являются: использование существующих низкочастотных линий связи и асимметричный доступ при передаче данных от сети к абоненту и наоборот. Скорость доступа по технологии ADSL может достигать 8-12 Мбит/с при протяженности телефонных линий до 5-6 км. Предельная скорость технологии ADSL2+ составляет 24 Мбит/с, но при этом длина абонентской линии сокращается до 3 км [3].

HFC (Hybrid Fiber Coax) – гибридные оптико-коаксиальные сети, обмен данными по коаксиальному кабелю осуществляется по стандарту Data Over Cable Service Interface Specification (DOCSIS). Основной особенностью таких сетей является предоставление ШПД по уже имеющимся сетям кабельного телевидения. По новому стандарту DOCSIS 3.1 FD (Full Duplex) скорость обмена данными может достигать 10 Гбит/с в прямом и обратном канале [4]. При этом стандарт DOCSIS 3.1, обеспечивающий скорость до 10 Гбит/с и 2 Гбит/с, на данный момент не получил широкого применения ввиду высокой стоимости решения.

PLC (Power Line Communication) – телекоммуникационная технология, основанная на использовании электрической сети в качестве физической среды для передачи данных [5]. Сам термин PLC является обобщающим и

включает в себя различные варианты обмена информацией по силовой электросети. Данная технология применяется в энергетике и служит для сбора данных, однако широко распространения не получила из-за имеющихся сложностей реализации, обусловленных электромагнитными полями высоковольтных линий передач, большими затуханиями высокочастотного сигнала за счет имеющихся на электрических сетях понижающих и повышающих трансформаторов. Значительная зависимость параметров сети передачи данных от электрической нагрузки потребителей энергии делает невозможным использование этой технологии для организации ШПД.

FTTx (Fiber To The X) [2] – технология, описывающая общий подход для сети ШПД, при котором волоконно-оптический кабель от узла связи доходит до установленного специального шкафа, а далее кабелем в медножильном варианте подключают пользователей телекоммуникационных услуг. Также возможно использования способа прокладки линии связи, где оптический кабель прокладывается до абонентского устройства, оптического модема. Данная аббревиатура подразумевает под собой целый ряд оптико-волоконных технологий, предоставляющих такие, как доступ в сеть Интернет, цифровое телевидение, телефонную связь.

Основными технологиями данного семейства являются:

- FTTN – Fiber to the Node (доведение волокна до сетевого узла);
- FTTC – Fiber To The Curb (доведение волокна до кабельного шкафа);
- FTTB – fiber to the building (доведение волокна до здания);
- FTTH – fiber to the home (доведение волокна до квартиры).

На практике наиболее часто используются FTTB и FTTH.

Использование технологии FTTB предполагает прокладку оптического кабеля до дома. Оптическое волокно заводит на технический этаж многоквартирного дома, затем подключается к коммутатору. Далее от коммутатора следует витая пара типа UTP CAT5e, которая заводится непосредственно в квартиру пользователя. Данная архитектура является наиболее распространенной и преобладает в строящихся многоквартирных домах у крупных операторов связи.

Технология FTTH является полностью оптической линией передачи данных и подразумевает проведение волоконно-оптического кабеля в частный дом или квартиру пользователя. На данный момент различают два типа подключения: xPON (Passive optical network) [6] и P2P (Point-to-Point, возможны вариации названий AON-active optical network, POP - point of presence, Ethernet FTTH).

Технология xPON предлагает оптимизацию использования оптического волокна путем применения дополнительных оптических разветвителей (сплиттеров) с коэффициентами деления от 1:2 до 1:128 (256) [7], [8]. Технология P2P предусматривает подключение каждого абонентского узла по выделенному волокну.

Определение основных критериев выбора технологии ШПД и порядка действий при модернизации

При модернизации сети доступа необходимо провести изыскания и сбор исходных данных, которые обеспечат наличие информации для проектных работ, а данные из центра мониторинга определяют спектр наиболее востребованных услуг. После изучения исходных данных требуется оценить спрос на услуги, что позволит определить и оценить требуемое расширение сети ШПД.

Данные о типе застройки и сетевой инфраструктуре, анализ спроса в выбранном районе позволит принять техническое решение по модернизации сети, на основе которого разрабатывается схема организации связи (СОС). Весь объем материалов изысканий даст возможность разработать документацию по проектированию, в которой будут отражены и экономические аспекты [9]. Расчет объема работ, материалов, оборудования связи позволяют определить затраты на развертывание сети. Помимо этого, немаловажным фактором остается техническая эксплуатация и возможные затраты на ее реализацию (при вводе ранее не использующихся технологий и нового оборудования потребуются наличие соответствующих специалистов, что в свою очередь ведет к замене кадров или расширению штата работников, также возможно переобучению в соответствии с новым профилем рабочей деятельности).

Исходя из вышеизложенного, можно определить основные критерии для выбора организации широкополосного доступа при модернизации сети:

- тип застройки выбранного района;
- существующая телекоммуникационная структура;
- спрос на предоставляемые услуги;
- затраты и время на развертывания сети;
- расходы на техническую эксплуатацию.

При выборе определенного района требуется ознакомиться с тем какой тип застройки преобладает: частный сектор, малоэтажная застройка, высотные здания и тип их строения. Если рассматривать высотные здания и малоэтажную застройку, то следует обратить внимание на год сдачи объекта в эксплуатацию и наличие в нем кабельного ввода. Как правило, в современных строениях он уже предусмотрен, что облегчается прокладку кабельной инфраструктуры. Если такого ввода нет, необходимо дополнительно рассматривать способ прокладки кабеля с практической и экономической стороны. Для частного сектора предоставить услуги будет затруднительно, т.к. это потребует дополнительных затрат на развертывание сети доступа, которые могут превышать стоимость в многоквартирных домах.

В зависимости от типа строений, следует определиться с технологией доступа: проводной или беспроводной.

Для многоквартирных строений (от 5 этажей) преимущественно применяется проводная технология FTTB, при которой оптическое волокно доводится до здания и подключается к коммутатору доступа. От оборудования провайдера заводится витая пара в квартиру пользователя, где подключается к оборудованию раздачи предоставляемых услуг, с необходимыми функциями. Данное решение зачастую просто в реализации и экономически выгодно для провайдера с учетом количества абонентов, которым можно предоставить ряд услуг. Основным ограничением применения технологии FTTB является длина абонентской линии от коммутатора доступа до оборудования пользователя, которая не должна превышать 100 метров.

Применение FTTB для малоэтажной застройки нецелесообразно за счет того, что оборудование провайдера используется неэффективно.

В данной ситуации возможно внедрение FTTC, где волоконно-оптический кабель доводится до уличного телекоммуникационного шкафа, к котором используется активное оборудование провайдера, а на участке последней мили используется существующие медножильные кабели связи, где возможно использование VDSL2 с векторизацией [10], [11].

Для частного сектора выбор проводных технологий крайне ограничен. Это связано с тем, что компаниям-провайдера в большинстве случаев это экономически не выгодно. Возможно использование таких же решений, как для малоэтажной застройки в случае густонаселенного частного сектора. На данный момент активно внедряется технология FTTH, как пассивная, так и активная с выделенной линией до домовладения [12]. Данное техническое решение позволяет обеспечить высокоскоростной доступ на скорости до 1 Гбит/с.

После определения типа застройки стоит обратить внимание на уже имеющиеся сети доступа, поскольку это может уменьшить затраты на развертывание сети на участке последней мили. При имеющихся сетях доступа следует предусмотреть выполнения работ, нацеленных на проверку состояния линий связи и улучшения пропускной способности. Также следует учитывать протяженность линии и возможность модернизации местной сети связи с установкой ТУД-УИ (телекоммуникационный узел доступа уличного исполнения) в более удобном местоположении для повышения качества услуг, который будет являться мультисервисным узлом доступа, сочетая в себе разные технологии доступа.

Спрос на предоставляемые услуги, время и затраты на развертывания сети, расходы на техническую эксплуатацию определяют целесообразность всего проекта.

Для оптимизации выбора варианта модернизации сети связи на территории объекта проектирования разработан алгоритм действий, приведенный на рисунке 1, который позволит структурировать и ускорить процесс.

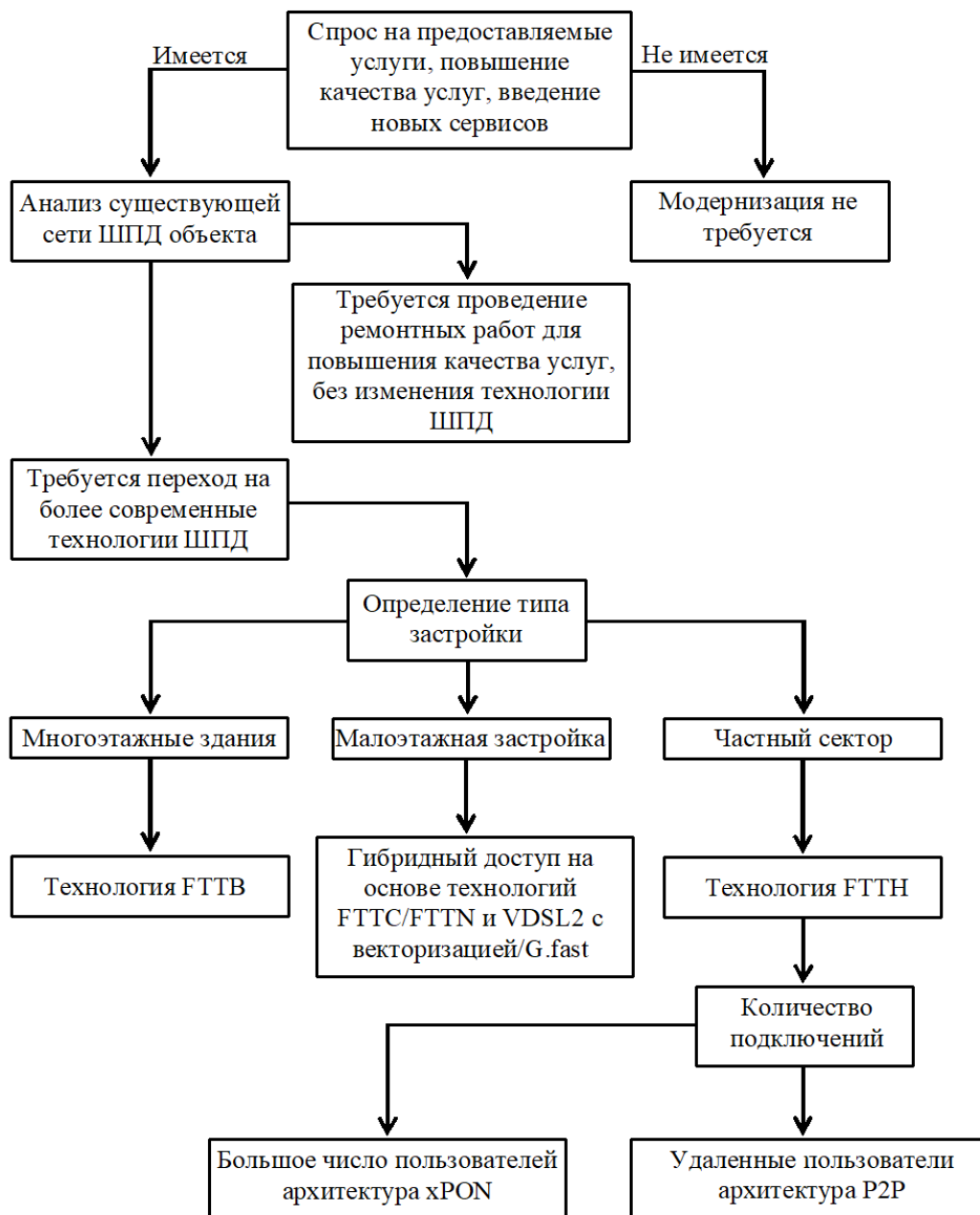


Рис. 1 – Алгоритм проведения работ при модернизации местной сети связи

Заключение

В результате проведенного обзора проводного ШПД, определены критерии влияющие на выбор технологии доступа. Рассмотрены различные варианты телекоммуникационной инфраструктуры в зависимости от типов застройки выбранного объекта:

- для многоэтажных зданий – технология FTTB;
- для малоэтажной застройки – гибридный доступ, основанный на сочетании FTTN/FTTC и VDSL2 с векторизацией, G.fast;
- для частного сектора – технология FTTH с архитектурами xPON и P2P.

Также разработан алгоритм, позволяющий ускорить процесс выбора варианта модернизации местной сети связи. Данный материал может быть использован проектными организациями при выборе вариантов построения сетей широкополосного абонентского доступа.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Александров А. В. Технологии широкополосного доступа / А. В. Александров // Вестник связи. - 2007. - N 4. - С. 66-69.
2. Белов Ю. Н. Рекомендации по внедрению технологий широкополосного доступа на абонентских линиях местной связи: [Методическое пособие]/ Ю. Н. Белов, Н.В. Семенова. – Краснодар, 2014. – 70с.
3. Бакланов И.Г. Технологии ADSL/ADSL2+: теория и практика применения / И.Г. Бакланов - М. : Метротек, 2007 — 384 с.
4. Full Duplex DOCSIS® 3.1 The result of applying emerging techniques from wireless networks to achieve a breakthrough increase in DOCSIS upstream speeds. [Electronic resource] // CableLabs. - October 26, 2017 // (Eng.). – URL: <https://www.cablelabs.com/full-duplex-docsis/> (accessed: 30.03.2019)
5. Охрименко В. PLC-технологии. Часть 1 / В. Охрименко // Электронные компоненты. – 2009. – № 10. – С.58-62
6. Попов С. FTTH для небольших операторов / С. Попов // Первая миля. – 2018. - № 1. – С.54-60
7. Коридзе А. Н. Эволюция пассивных оптических сетей / А. Н. Коридзе, В. П. Шувалов, А. С. Яковлев // Современные проблемы телекоммуникаций: материалы конференции. Российская научно-техническая конференция. - Новосибирск, 2018. - С. 39–42.
8. Recommendation ITU-T G.9807.1. 10-Gigabit-capable symmetric passive optical network (XGS-PON).-.06.2016. - Printed in Switzerland, Geneva, 2016.-276 p.
9. Техно-экономические показатели широкополосных сетей доступа. Часть 2[Методическое пособие] / В.А. Бурдин, А.В. Бурдин, А.А. Воронков, Н.С. Лиманский, Б.В. Попов – Самара: ИУНЛ ПГУТИ, 2014 – 104 с.
10. Андреев Р.В. Исследование электрических характеристик передачи рабочего и взаимного влияния симметричных кабелей связи широкополосного доступа: Методическая разработка к лабораторной работе № 8/ Р.В. Андреев, Б.В. Попов, В.Б. Попов - Самара: ИУНЛ ПГУТИ, 2016 - 25 с.
11. Расселл К. Vplus повышает эффективность векторизации VDSL 2 / К.Расселл, П.Спрайт, С.Ванхастел // Первая миля. – 2016. - № 3. – С.64-67
12. Техно-экономические показатели широкополосных сетей доступа. Часть 1 [Методическое пособие] / В.А. Бурдин, А.В. Бурдин, А.А. Воронков, Н.С. Лиманский, Б.В. Попов – Самара: ИУНЛ ПГУТИ, 2014 – 86 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Aleksandrov A.V. Tehnologii shirokopolosnogo dostupa [Technologies of broadband access]/ A. V. Aleksandrov // Vestnik svyazi [Messenger of communication]. - 2007. - N 4. - P. 66-69. [in Russian]
2. Belov Ju. N. Rekomendacii po vnedreniju tehnologij shirokopolosnogo dostupa na abonentskih liniyah mestnoj svyazi: [Metodicheskoe posobie] [Recommendations about implementation of technologies of broadband access on subscriber lines of local communication: [A methodical grant]]/ Ju. N. Belov, N.V. Semenova. – Krasnodar, 2014. – 70 p. [in Russian]
3. Baklanov I.G. Tehnologii ADSL/ADSL2+: teoriya i praktika primenenija [ADSL/ADSL2 technologies: the theory and practice of application] / I.G. Baklanov - M. : Metrotek, 2007 — 384 p. [in Russian]
4. Full Duplex DOCSIS® 3.1 The result of applying emerging techniques from wireless networks to achieve a breakthrough increase in DOCSIS upstream speeds. [Electronic resource] // CableLabs. - October 26, 2017 // (Eng.). – URL: <https://www.cablelabs.com/full-duplex-docsis/> (accessed: 30.03.2019)
5. Ohrimenko V. PLC-tehnologii. Chast' 1 [of PLC technology. Part 1]/ V. Ohrimenko // Jelektronnye komponenty [Electronic components]. – 2009. – № 10. – P.58-62. [in Russian]
6. Popov S. FTTH dlja nebol'shih operatorov [FTTH for small operators]/ S. Popov// Poslednjaja milja. [Last mile]– 2018. - № 1. – P.54-60. [in Russian]
7. Koridze A.N. Jevoljucija passivnyh opticheskix setej [Evolution of passive optical networks] / A.N. Koridze, V.P. Shuvalov, A.S. Jakovlev // Sovremennye problemy telekommunikacij: materialy konferencii. Rossijskaja nauchno-tehnicheskaja konferencija [Modern problems of telecommunications: conference materials. Russian scientific and technical conference]. - Novosibirsk, 2018. - P. 39–42. [in Russian]
8. Recommendation ITU-T G.9807.1. 10-Gigabit-capable symmetric passive optical network (XGS-PON).-.06.2016. - Printed in Switzerland, Geneva, 2016.-276 p.
9. Tehniko-jekonomicheskie pokazateli shirokopolosnyh setej dostupa. Chast' 2[Metodicheskoe posobie] [Technical and economic indicators of broadband networks of access. Part 2 [A methodical grant]] / V.A. Burdin, A.V. Burdin, A.A. Voronkov, N.S. Limanskij, B.V. Popov – Samara: IUNL PGUTI, 2014 – 104 p. [in Russian]
10. Andreev R.V. Issledovanie jelektricheskix harakteristik peredachi rabocheho i vzaimnogo vlijanija simmetrichnyh kabelej svyazi shirokopolosnogo dostupa: Metodicheskaja razrabotka k laboratornoj rabote № 8 [Research of electric characteristics of transfer of working and mutual influence of symmetric cables of communication of broadband access: Methodical development to laboratory work № 8] / R.V. Andreev, B.V. Popov, V.B. Popov - Samara: IUNL PGUTI, 2016 – 25 p. [in Russian]
11. Rassell K. Vplus povyshaet jeffektivnost' vektorizacii VDSL 2 [Of Vplus increases efficiency of vectorization of VDSL 2] / K. Rassell, P. Sprajt, S. Vanhastel // Poslednjaja milja [Last mile]. – 2016. - № 3. – P.64-67. [in Russian]
12. Tehniko-jekonomicheskie pokazateli shirokopolosnyh setej dostupa. Chast' 1 [Metodicheskoe posobie] [Technical and economic indicators of broadband networks of access. Part 1 [A methodical grant]]/ V.A. Burdin, A.V. Burdin, A.A. Voronkov, N.S. Limanskij, B.V. Popov – Samara: IUNL PGUTI, 2014 – 86 p. [in Russian].

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.83.5.008>

КОНЦЕПЦИЯ СОЗДАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ВЫСОКОТОЧНЫХ РАСХОДОМЕРОВ ТОПЛИВА ДЛЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

Научная статья

Шмелев С.А.^{1,*}, Шалимов В.Э.², Буклагин Д.С.³, Дунаев А.В.⁴

¹ ORCID: 0000-0002-3112-6613,

АО КБТочмаш им. А.Э. Нудельмана, Москва, Россия;

² ORCID: 0000-0003-4347-4516,

Научно – исследовательский испытательный центр (исследований и перспектив развития АТ ВС РФ) Центрального научно – исследовательского института Минобороны России, Москва, Россия;

³ ORCID: 0000-0001-5290-70-75,

ФГБНУ Росинформагротех, Правдинский, Россия;

⁴ ORCID: 0000-0001-9471-1513,

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ" (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ), Москва, Россия

* Корреспондирующий автор (s.shmelev86[at]mail.ru)

Аннотация

Повышение точности и снижения стоимости измерений расхода топлива на мобильных энергетических средствах является актуальной задачей, так как погрешность измерений величины расхода топлива непосредственно влияет на достоверность сравнительного анализа результатов испытаний автотракторных средств. Кроме того, актуальность разработки высокоточного расходомера топлива для двигателей внутреннего сгорания (ДВС) обусловлена необходимостью оценки их топливной экономичности и технического состояния в условиях постоянного роста цен на энергоносители и повышения экологических требований к автомобильному транспорту. В статье рассмотрены различные тенденции развития и концепции создания высокоточных расходомеров топлива, вопросы применения таких расходомеров для диагностирования работы двигателей машинно-тракторных агрегатов, возможность их серийного производства и применения в массовых масштабах.

Ключевые слова: расход топлива, расходомер, дизельное топливо, датчик давления, трубопровод, погрешность, энергетическая оценка.

CONCEPT OF CREATING MODERN HIGH-PRECISE FUEL FLOW METERS FOR ENERGY FACILITIES

Research article

Shmelev S.A.^{1,*}, Shalimov V.E.², Buklagin D.S.³, Dunaev A.V.⁴

¹ ORCID: 0000-0002-3112-6613,

JSC "KBtochmash named after A.E. Nudelman", Moscow, Russia;

² ORCID: 0000-0003-4347-4516,

Research and Testing Center (research and development prospects of the RF Armed Forces) 3 of the Central Research Institute of the Ministry of Defense of Russia, Moscow, Russia;

³ ORCID: 0000-0001-5290-70-75,

Rosinformagrotekh State Research Institute, Pravdinskij, Russia;

⁴ ORCID: 0000-0001-9471-1513,

Federal State Budget Scientific Institution, Federal Scientific Agroengineering Center, VIM (FSBSI FSAC VIM), Moscow, Russia

* Corresponding author (s.shmelev86[at]mail.ru)

Abstract

Improving the accuracy and reducing the cost of measuring fuel consumption on mobile power vehicles is an important task since the fuel consumption measurement error directly affects the accuracy of the comparative analysis of the automotive vehicle test results. In addition, the relevance of the development of high-precision fuel flow meter for internal combustion engines (ICE) is due to the need to assess their fuel efficiency and technical condition in the context of a constant increase in energy prices and increasing environmental requirements for road transport. The article discusses various development trends and concepts for creating high-precision fuel flow meters, the issues of using such flow meters for diagnosing the operation of engines of machine-tractor units, the possibility of their mass production and use on a massive scale.

Keywords: fuel consumption, flow meter, diesel fuel, pressure sensor, pipeline, error, energy estimate.

Введение

Современные экономические тенденции, постоянно дорожающих энергоносителей всё больше подталкивают различных производителей всё более активно внедрять непосредственный контроль расхода топлива мобильных энергетических средств и транспортных средствах. Расход топлива прямо связан с экономическим эффектом ведения той или иной производственной деятельности, а также связан с эффективностью работы самих энергетических средств. Другими словами, себестоимость продукции не только включает в себя расходы на покупку энергоносителей, но и зависит от эффективности работы самой техники, которую можно определять с помощью расходомеров топлива.

В настоящее время существует множество мобильных расходомеров дизельного топлива (расходомер устанавливается непосредственно на энергетическое средство), однако точность их работы не позволяет однозначно

оценивать эффективность работы энергетических средств. Это связано с тем, что некоторые из них имеют только один датчик в подающей магистрали двигателя и не учитывают топливо, сливаемое в бак с форсунок и ТНВД [1], [2]. Такие расходомеры имеют значительную погрешность, особенно при измерении расхода топлива на ДВС с насос-форсунками, так как принцип их работы основан на измерении расхода в подающей магистрали, в то время как в обратной магистрали, в зависимости от загрузки энергетического средства, расход сильно изменяется. Другие расходомеры имеют слишком большой диапазон измерений (до 250 л/ч), их приведенная погрешность в 1% составляет до 2,5 л/ч [3], [4]. Это означает значительную погрешность измерений топлива на малых расходах, особенно на холостом ходу энергетического средства [5, С. 15-17], [6, С. 233-235].

Научная новизна данной статьи заключается в решении проблемы точных измерений расхода топлива двумя способами: 1. Точное измерение объемного расхода, как в подающей, так и в обратной магистрали топливных систем ДВС; 2. Измерение весового расхода топлива непосредственно в баке энергетического средства.

Основные результаты

Для решения поставленной задачи первым методом был разработан «Многопоточный расходомер дизельного топлива» (рис.1). Работы по созданию данного расходомера начались ещё в 2013 году [7, С. 65-70]. В 2014 году был получен патент на полезную модель №145575 [8]. Данный расходомер состоит из двух отдельных измерительных блоков, включаемых в подающую и обратную магистрали энергетических средств, контроллера расходомера, пульта управления и индикатора расхода топлива. Каждый из измерительных блоков состоит в свою очередь из подающего трубопровода с клапанами различного давления, корпуса с датчиками расхода топлива и выпускного трубопровода.

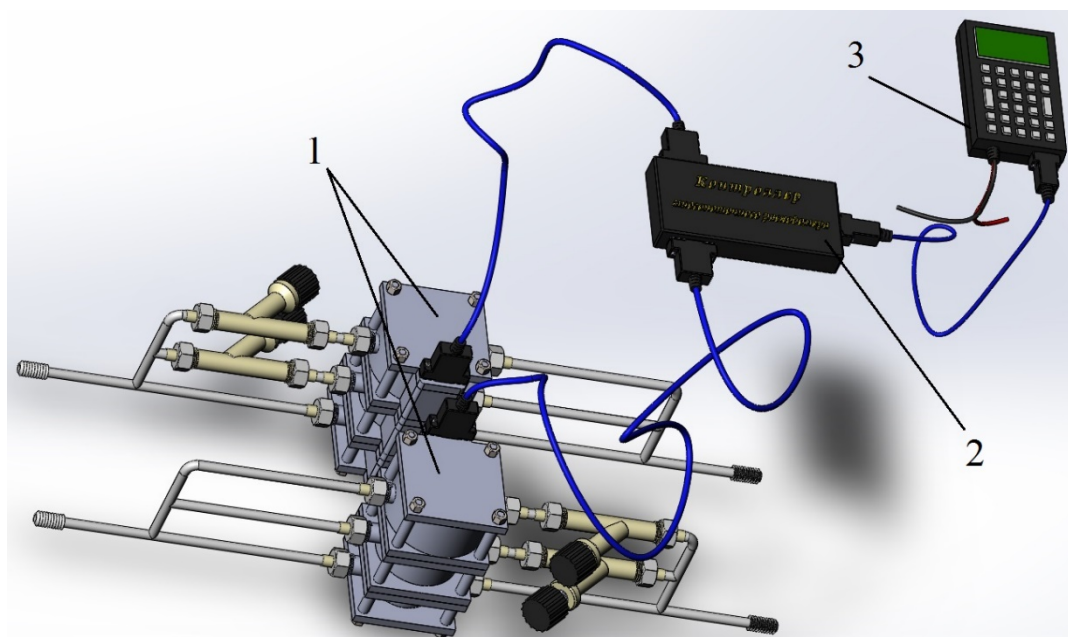


Рис. 1 – Многопоточный расходомер дизельного топлива:

1 – измерительные блоки 2 – контроллер расходомера; 3 – пульт управления и индикации расхода топлива

Рассмотрим принцип работы расходомера на примере подающей магистрали топлива в энергетическом средстве, так как принцип измерений расхода топлива в обратной магистрали аналогичен подающей. Впускной трубопровод (рис.2), представляет собой тройник подключения каждой измерительной секции с клапанами, у которых давление открытия клапанов пропорционально размерам открываемой измерительной секции.

Работа впускного трубопровода заключается в сбросе излишнего давления, создаваемого повышением расходом топлива с одной стороны и наименьшей измерительной секцией с другой стороны. Другими словами, когда меньшая секция расходомера не справляется с пропуском через себя повышенного расхода топлива, то давление на клапанах (рис. 3) возрастает и они открываются соразмерно необходимому сбросу давления.

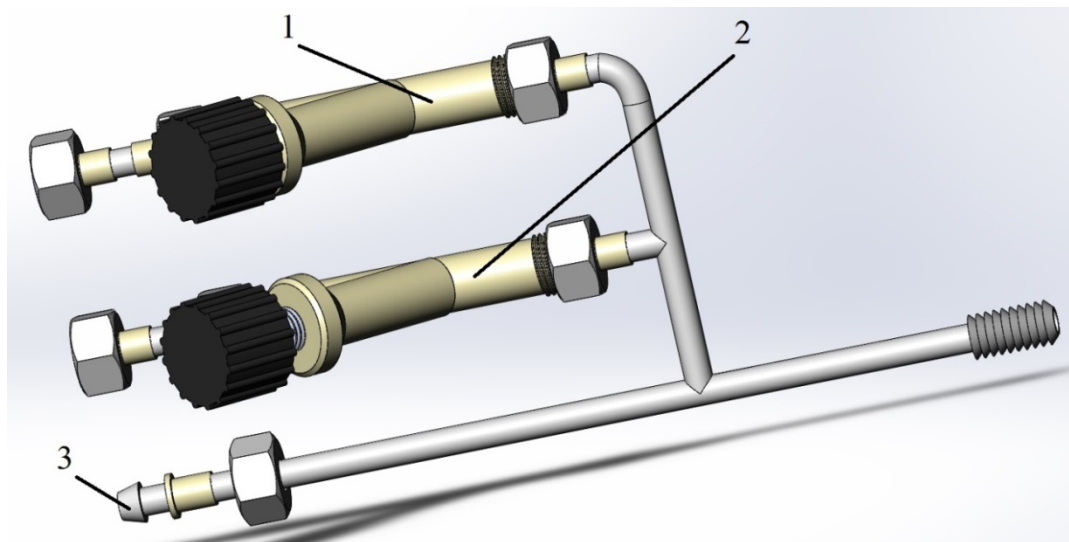
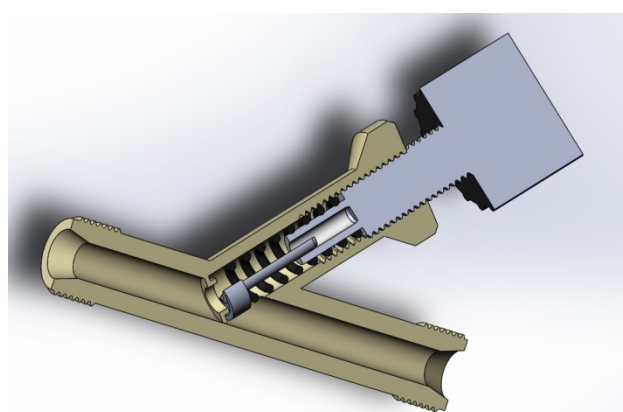


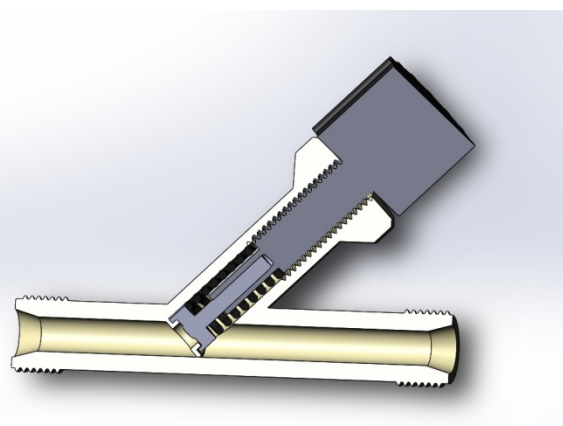
Рис. 2 – Впускной трубопровод

1 – сжатый клапан; 2 – разжатый клапан; 3 – конический штуцер

Объясняя принцип работы данных клапанов, важно сказать, что они должны быть отрегулированы в диапазоне рабочего давления в топливопроводе. Тем не менее, клапан, открывающий среднюю секцию должен иметь меньшее усилие открытия, чем клапан, открывающий большую секцию расходомера. Таким образом, все секции расходомера будут открываться последовательно и пропорционально возрастанию расхода топлива. Это означает автоматическое переключение пределов измерений расхода топлива, что повышает точность измерений, то есть снижает приведенную погрешность измерений.



а



б

Рис. 3 – Разжатый (а) и сжатый (б) клапана

Измерительная часть (рис. 4) многопоточного расходомера топлива состоит из трёх измерительных секций, предназначенных для измерений расхода топлива в своём диапазоне. Расходомер имеет модульное строение. К примеру, если сделать его секциями измеряющими расход топлива в следующих диапазонах: первая секция - от 0 до 10 л/ч, вторая – от 10 до 25 л/ч и третья – от 25 до 50 л/ч. Тогда на различных энергетических средствах нет необходимости в установке всех трех секций и можно установить только те секции, которые позволяют измерять расход топлива во всех режимах работы конкретного энергетического средства.

Модульная конструкция измерительной части позволит снизить себестоимость изготовления расходомера и позволит реализовать расходомер на рынке. Например, расходомер с двумя секциями будет стоить 40 тыс. руб., а с тремя 45 тыс. руб. Учитывая, что автомобиль «Газель» сейчас стоит примерно от 790 тыс. руб., а один седельный тягач КАМАЗ - от 4000 тыс. руб., приобретение высокоточного расходомера на высокопроизводительную технику не является столь затратной по отношению к стоимости самих энергетических средств [9], [10].

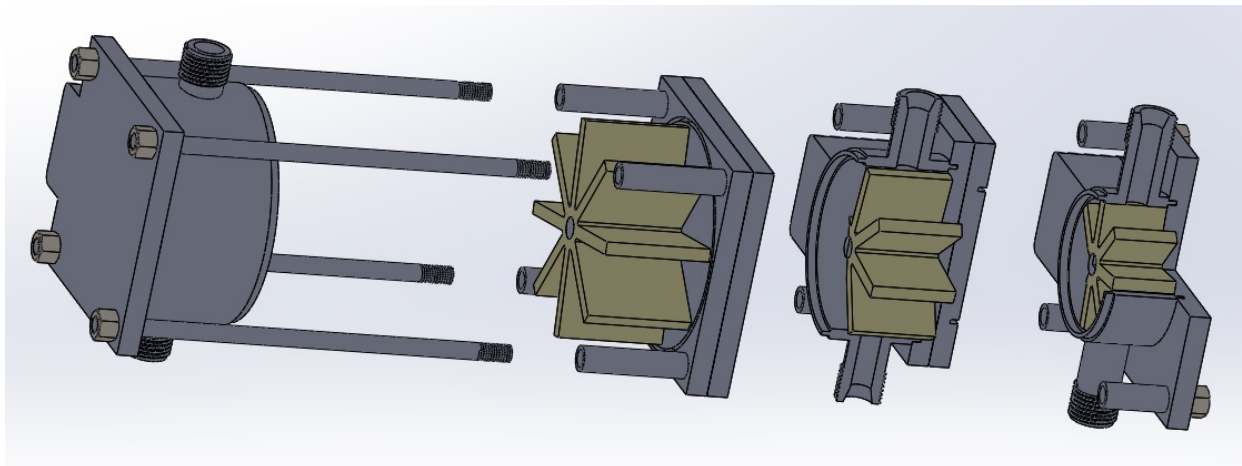


Рис. 4 – Измерительная часть многопоточного расходомера

Из измерительной части расходомера топливо попадает в выпускной трубопровод. Выпускной трубопровод, так же как и впускной представляет собой тройник, но уже без клапанов и как, и любая часть расходомера, контактирующая с топливом, выполнена без прокладок (уплотнение достигается за счет тесного прилегания сопряженных частей), что повышает надежность работы расходомера. Всё дело в том, что дизельное топливо и бензин являются агрессивной средой для любых видов уплотнителей (прокладок) и со временем разъедают их. В этой связи, все соединительные части расходомера либо сделаны коническими (соединение штуцеров, рис.2 поз. 3), либо с металлическим уплотнительным пазом (в измерительной части расходомера, рис. 4).

Последняя часть многопоточного расходомера это блок контроллера с пультом ввода и индикации (рис. 5). Данная часть выполняет функции расчета расхода топлива в подающей и обратной магистралях, тем самым получая объемный расход топлива. Кроме того, считывает показания с датчика температуры установленного в измерительной части расходомера и исходя из коэффициента объемного расширения топлива пересчитывает объемный расход в весовой. Пульт контроля и индикации в свою очередь служит для ввода исходных параметров топлива, а так же выводит и записывает данные по времени, мгновенному расходу и расходу топлива за определенный интервал.

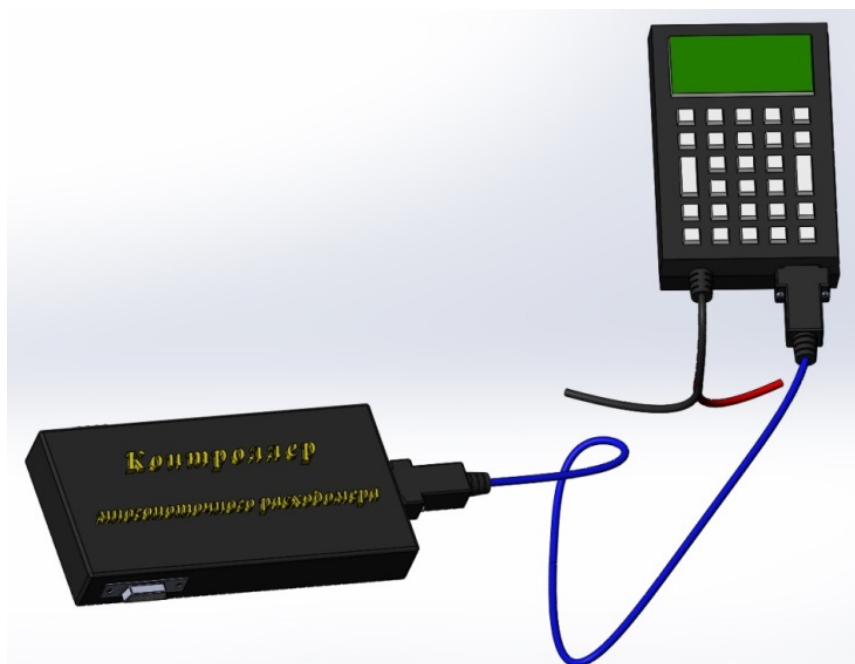


Рис. 5 – Блок контроллера с пультом ввода и индикации

Кроме выше предложенного способа решения задачи точных измерений расхода топлива, существует метод измерений расхода топлива непосредственно в баке энергетических средств. Для решения задачи методом измерений топлива непосредственно в баке был разработан расходомер топлива для дизельных двигателей автотракторных средств [11, С. 31-36]. На данный расходомер был получен патент на изобретение № 2649044 [12].

Принцип работы расходомера топлива для дизельных двигателей автотракторных средств (рис. 6) заключается в расходе топлива из мерного цилиндра (100 грамм навески). Для точности и удобства измерений топлива из мерного цилиндра в топливную магистраль устанавливаются пеногаситель и специальный четырехканальный электромагнитный клапан. Пеногаситель представляет собой камеру, подключенную к сливной магистрали двигателя. Топливо, попадая из сливной магистрали в камеру пеногасителя, отстаивается в ней и после этого снова попадает в мерный цилиндр. Мерный цилиндр снабженный датчиком давления автоматически подключается к подающей

магистрали ДВС (при измерении расхода топлива) и наполняется при помощи четырехканального электромагнитного клапана, который управляется микропроцессорным измерительным прибором.

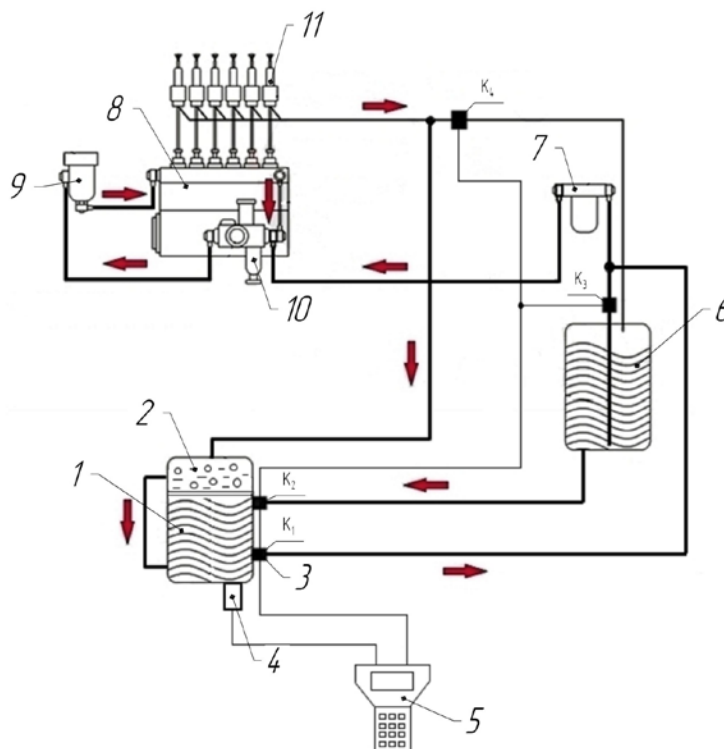


Рис. 6 – Схема подключения расходомера к топливной системе двигателя

1 – мерный цилиндр; 2 – пеногаситель; 3 – четырехканальный электромагнитный клапан; 4 – гидростатический датчик давления; 5 – микропроцессорный измерительный прибор; 6 – топливный бак; 7 – фильтр грубой очистки топлива; 8 – топливный насос высокого давления; 9 – фильтр тонкой очистки топлива; 10 – топливоподкачивающий насос; 11 – форсунки

Количество израсходованного топлива зависит от перепада давления в мерном цилиндре и определяется по формуле:

$$\Delta G = \Delta P \cdot S, \text{ г} \quad (1)$$

где ΔP – изменение давления, измеряемое датчиком давления, г/см²;

S – площадь поверхности топлива в мерном цилиндре, см².

Микропроцессор отсчитывается время, расхода навески. По результатам измерений рассчитывается часовой расход топлива по формуле:

$$G_T = 3,6 \cdot \frac{\Delta G}{\Delta t}, \text{ кг/ч} \quad (2)$$

где ΔG – количество израсходованного топлива, г;

Δt – время расходования навески топлива, с;

3,6 – коэффициент перевода единиц измерения.

Таким образом, расходомер топлива для дизельных двигателей автотракторных средств имеет ряд преимуществ относительно многопоточного расходомера дизельного топлива, таких как: стоимость изготовления, простота исполнения, наличие устройства для пеногашения. Однако он так же имеет ряд недостатков: отсутствие устойчивости к динамическим колебаниям мерного цилиндра во время перемещения энергетического средства, возможность измерений расхода только 100 г навески, отсутствие возможности измерений мгновенного расхода топлива. При этом неустойчивость к перепадам давления в мерном цилиндре при его динамических колебаниях делает расходомер недостаточно точным. Наличие мерного цилиндра всего на 100 г делает невозможным применение данного расходомера на постоянной основе для каждодневного использования.

Заключение

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что расходомер топлива для дизельных двигателей автотракторных средств наилучшим образом подходит для стендовых испытаний дизельных двигателей.

Для определения энергетических показателей мобильных энергетических средств лучше подходит многопоточный расходомер дизельного топлива. Применение такого расходомера топлива позволяет судить о техническом состоянии энергетического средства, правильности регулировки топливной аппаратуры, о необходимости замены расходных материалов топливной аппаратуры, об эффективности работы определенного энергетического средства на определенных режимах и видах работ, а также о правильности работы трансмиссии, гидравлики и других узлов энергетического средства, потребляющих энергию, вырабатываемую ДВС. Таким образом,

расходомер дизельного топлива этого типа можно применять не только при испытаниях энергетических средств, но и для комплексной диагностики работы энергетического средства в процессе эксплуатации.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Датчики расхода топлива [Электронный ресурс] // URL: <https://technoton.spb.ru/catalog/rashodomery-topлива/datchiki-rashoda-topлива> (дата обращения 11.04.2018).
2. Oval Corporation. Flowmate III [Электронный ресурс] // URL: <http://www.oval.ntounicom.ru/goods/16.html> (дата обращения 11.04.2018).
3. Компания ООО «ИЦ ТехЭнергоКомп». Контрольно-измерительное оборудование [Электронный ресурс] // URL: <http://petrocontrol.ru/tag/aquametro-shveysariya/> (дата обращения 11.04.2018).
4. Дифференциальные расходомеры топлива [Электронный ресурс] // URL: <https://technoton.spb.ru/catalog/rashodomery-topлива/differencialnye-rashodomery-topлива> (дата обращения 11.04.2018).
5. Шмелев С.А. Методы и приборы для измерения расхода топлива при испытаниях сельскохозяйственной техники / С.А. Шмелев, Д.С. Буклагин // Техника и оборудование для села. – М, 2012. – № 12. – с. 15-17.
6. Шмелев С.А. Современные расходомеры топлива и их применение при энергетической оценке / Шмелев С.А., Буклагин Д.С. // Информационные технологии, системы и приборы в АПК. Ч.1: материалы 5-ой международной научно-практической конференции «Агроинфо-2012» - Новосибирск, 2012. - с. 233-235.
7. Совершенствование методов энергетической оценки испытаний сельскохозяйственной техники применением расходомеров топлива.: дис. ... канд. техн. наук Шмелев Сергей Александрович. – М, 2014, 160 с.
8. Многопоточный расходомер дизельного топлива пат.145575 Рос. Федерация: МПК G01F 3/00 (2006.01) / С.А. Шмелев; заявитель и патентообладатель С.А. Шмелев. - №2014118848/28; заявл. 12.05.2014; опубл. 20.09.2014. Бюл. 26. - 2 с. (0,23 п.л.).
9. 4x4 полный привод [Электронный ресурс] // URL: <https://www.avtogaz.ru/cars/appointment/4kh4-polnyy-privod/> (дата обращения 04.04.2018).
10. АВТО-ТРЕЙД. Седельные тягачи [Электронный ресурс] // URL: http://auto-trade.ru/price/sedelnye_tiyagachi/ (дата обращения 04.04.2018).
11. Дунаев А.В. Контроль за расходом топлива автотракторных двигателей внутреннего сгорания / Дунаев А.В., Шмелев С.А., Дворцов А.И., // Грузовик. – М, 2016. - № 9. – с. 31-36.
12. Расходомер топлива для дизельных двигателей автотранспортных средств пат.2649044 Рос. Федерация: МПК G01F 3/38 (2006.01) / В.Э. Шалимов, А.И. Дворцов; заявитель и патентообладатель Научно – исследовательский испытательный центр (исследований и перспектив развития АТ ВС РФ) 3 Центрального научно – исследовательского института Минобороны России. - №2016135892; заявл. 05.09.2016; опубл. 29.03.2018. Бюл. 10. – 7 с. (0,72 п.л.).

Список литературы на английском языке / References in English

1. Datchiki raskhoda topliva [Fuel consumption sensors] // The free access [Electronic resource] <https://technoton.spb.ru/catalog/rashodomery-topлива/datchiki-rashoda-topлива> (accessed 11.04.2018). [in Russian]
2. Oval Corporation. Flowmate III // The free access [Electronic resource] <http://www.oval.ntounicom.ru/goods/16.html> (accessed 11.04.2018). [in Russian]
3. Kompaniya ООО «IC TekhEnergoKomp». Kontrol'no-izmeritel'noe oborudovanie [The company "IC Tehenergokomp". Control and measuring equipment] // The free access [Electronic resource] <http://petrocontrol.ru/tag/aquametro-shveysariya/> (accessed 11.04.2018). [in Russian]
4. Differencial'nye raskhodomery topliva [Differential fuel flow meters] // The free access [electronic resource] <https://technoton.spb.ru/catalog/rashodomery-topлива/differencialnye-rashodomery-topлива> (accessed 11.04.2018). [in Russian]
5. Shmelev S.A. Metodi i pribori dlya izmereniya rashoda topliva pri ispytaniyah sel'skohozyaistvennoi tekhniki [Methods and devices for measuring fuel consumption during testing of agricultural machinery] / Shmelev S.A., Baklagin D.S. // Tehnika i oborudovanie dlya sela [Machinery and equipment for the village]. – М, 2012. – № 12. – p. 15-17. [in Russian]
6. Shmelev S.A. Sovremennye rashodomeri topliva i ih primeneniye pri energeticheskoi ocenke [Modern fuel flow meters and their application in energy assessment] / Shmelev S.A., Baklagin D.S. // Informacionnye tehnologii, sistemi i pribori v APK. Ch.1: materiali 5-oi mejdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferencii «Agroinfo-2012» [Information technologies, systems and devices in agriculture. Part 1: proceedings of the 5th international scientific and practical conference "Agroinfo-2012"] - Novosibirsk, 2012.- p. 233-235. [in Russian]
7. Sovershenstvovanie metodov ehnergeticheskoy ocenki ispytaniy sel'skohozyajstvennoj tekhniki primeneniem raskhodomerov topliva [Improvement of methods of tests energy assessment agricultural machinery using fuel flow meters].: dis. ... kand. tekhn. nauk [thesis ... candidate of technology sciences] – М, 2014, 160 p. [in Russian]
8. Mnogopotochnyj raskhodom dizel'nogo topliva pat.145575 Ros. Federaciya: МПК G01F 3/00 (2006.01) [Multithreaded diesel fuel flowmeter Pat.145575 Grew. Federation: IPC G01F 3/00 (2006.01)] / S.A. Shmelev; yayavitel' i patentoobladatel' S.A. Shmelev. - №2014118848/28; yayavl. 12.05.2014; opubl. 20.09.2014. [applicant and patentee S. A. Shmelev. No 2014118848/28; Appl. 12.05.2014; publ. 20.09.2014.]. Bul. 26. - 2 p. (0,23 p.l.) [in Russian]
9. 4x4 polnyj privod [4x4 all-wheel drive] // The free access [electronic resource] <https://www.avtogaz.ru/cars/appointment/4kh4-polnyy-privod/> (accessed 04.04.2018). [in Russian]
10. AVTO-TREJD. Sedel'nye tyagachi [AUTOTRADE. Truck tractor] // The free access [electronic resource] http://auto-trade.ru/price/sedelnye_tiyagachi/ (accessed 04.04.2018). [in Russian]
11. Dunaev A.V. Kontrol' za raskhodom topliva avtotraktornyh dvigatelej vnutrennego sgoraniya [Fuel consumption control of automotive internal combustion engines] / Dunaev A.V., Shmelev S.A., Dvorcov A.I. // Gruzovik [Truck] - М, 2016. - № 9. – p. 31-36. [in Russian]
12. Raskhodom topliva dlya dizel'nyh dvigatelej avtotransportnyh sredstv pat.2649044 Rus. Federaciya: МПК G01F 3/38 (2006.01) [Fuel flow meter for diesel engines of vehicles pat.2649044 Rus. Federation: IPC G01F 3/38 (2006.01)] V.E. Shalimov, A.I. Dvorcov; yayavitel' i patentoobladatel' Nauchno – issledovatel'skij ispytatel'nyj centr (issledovaniy i perspektiv razvitiya AT VS RF) 3 Central'nogo nauchno – issledovatel'skogo instituta Minoborony Rossii. - №2016135892; yayavl. 05.09.2016; opubl. 29.03.2018. [applicant and patentee Research test center (research and development prospects at the armed forces) 3 Central research Institute of the Ministry of defense of Russia. No 2016135892; Appl. 05.09.2016; publ. 29.03.2018.]. Bul. 10. - 7 p. (0,72 p.l.). [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.83.5.009>

ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ИНТЕГРАЦИИ ИНВАЛИДОВ В ОБЩЕСТВО

Научная статья

Божков Н.И. *

ORCID: 0000-0002-5151-3936,

Институт наук о Земле Санкт-Петербургского Государственного университета, Санкт-Петербург, Россия

* Корреспондирующий автор (nibozh1[at]yandex.ru)

Аннотация

В статье рассматриваются вопросы интеграции инвалидов в общество. Предлагается ряд научно обоснованных мер, которые потенциально могут способствовать вовлечению инвалидов в общественно-полезную деятельность. Тот факт, что в РФ проживает более 12 млн. инвалидов, говорит о том, что данная проблема актуальна. Однако пока нет единого, унифицированного для всех уровней законодательства термина, определяющего данную категорию граждан. Автор считает, что применительно к данному исследованию «инвалид» - это человек, для устранения ограничений жизнедеятельности которого, гражданскими, социальными и медицинскими институтами (с учетом территориальных особенностей внешней среды проживания) необходима разработка программ, позволяющих интегрировать его в общественную жизнь. Для разработки таких программ рекомендуется использовать проблемно-программный подход. В рамках федеральной целевой программы «Доступная среда» предлагается создание организационно-управленческих кластеров, учёт специфики расселения при размещении объектов социальной и медицинской инфраструктуры, популяризация проекта «карта доступности», как среди инвалидов, так и среди обслуживающих их организаций.

Ключевые слова: инвалиды, доступная среда, общественная жизнь, медицинская география, проблемно-программный подход, системы расселения.

GEOGRAPHICAL ASPECT OF INTEGRATION OF PERSONS WITH DISABILITIES IN SOCIETY

Research article

Bozhkov N.I. *

ORCID: 0000-0002-5151-3936,

Institute of Earth Sciences of St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

* Corresponding author (nibozh1[at]yandex.ru)

Abstract

The article deals with the integration of persons with disabilities in society. Several scientifically based measures were proposed, they could potentially contribute to the involvement of persons with disabilities in socially beneficial activities. The fact that more than 12 million people with disabilities live in the Russian Federation indicates that this problem is relevant. However, there is not yet a single term, unified for all levels of legislation defining this category of citizens. The author believes that in relation to this study, a “disabled person” is a person, in order to remove the disabilities of which, it is necessary to develop programs that allow him/her to integrate into public life of civil, social and medical institutions (taking into account the territorial features of the external living environment). For the development of such programs, it is recommended to use the problem-program approach. Within the framework of the federal target program “Accessible Environment,” it is proposed to create organizational and management clusters, taking into account the specifics of resettlement when locating objects of social and medical infrastructure, popularizing the “accessibility map” project both among people with disabilities and among the organizations serving them.

Keywords: disabled people, accessible environment, social life, medical geography, problem-program approach, settlement systems.

Введение

Основными индикаторами здоровья населения и нации в целом выступают демографическая ситуация, заболеваемость и инвалидность. Именно эти показатели находятся под контролем государств и правительств – как в России, так и за ее пределами. Необходимость комплексного анализа факторов развития и распространенности инвалидности обусловлена существенной долей инвалидов в общей численности населения России, которая составляет 8,24% (12,1 млн. из 146,9 млн. человек) на 2018 год [15]. Ситуация с инвалидностью населения как в целом по Российской Федерации, так и в большинстве регионов страны характеризуется её довольно высоким уровнем в различных возрастных группах, что негативно отражается на состоянии здоровья и является следствием сложившейся социально-экономической ситуации [3].

Актуальность проблемы изучения структуры и распространенности инвалидности определяется не только значительным ростом показателей заболеваемости и инвалидизации населения, особенно трудоспособного, наиболее экономически и творчески активного возраста, но и недостаточным вниманием к поиску факторов, влияющих на данные негативные тенденции. Вследствие формирования в последнее десятилетие негативной динамики показателей общественного здоровья населения в результате падения общего уровня жизни, роста социальной напряженности и расслоения общества инвалиды становятся одной из наиболее социально уязвимых групп населения, а их здоровье – предметом специального рассмотрения, содержанием многих правовых документов, постановлений, программ и рекомендаций международных и государственных органов и общественных организаций.

Здравоохранение в России является прерогативой федерального, регионального, муниципального уровней управления, требует продуманной стратегии и политики с четкими целями, задачами, формами и методами управления [9]. В научном обосновании стратегических документов участвуют многие науки, в том числе общественная география. На долю последней приходится выявление факторов, воздействующих на возникновение и распределение феномена инвалидности в условиях среды обитания населения.

Постановка проблемы

Структура и уровень распространенности инвалидности на территории Российской Федерации – определяются интегральным влиянием условий проживания. Анализ медико-социальных проблем, связанных с распространенностью инвалидности, позволит преодолеть межведомственную разобщенность, в результате чего может быть повышена эффективность профилактических и реабилитационных мероприятий, направленных на интеграцию инвалидов в современное общество. Таким образом, исследование феномена инвалидности в пространственно-временном аспекте является актуальной задачей. Её решение сопряжено с выявлением корреляционной зависимости с условиями проживания и деятельности населения.

Дискуссия и обсуждение

В настоящее время существуют различные уровни законодательства, определяющие отношение общества к теме инвалидов:

1. Международное право: конвенция о правах инвалидов ООН; рекомендация к реабилитационным программам 44 сессии Парламентской Ассамблеи Совета Европы;
2. Федеральное законодательство: Федеральный закон «О социальной защите инвалидов в Российской Федерации»;
3. Региональное законодательство

Само понятие «инвалид» встречается в правовых актах более регулярно, чем понятие «инвалидность». Связано это с тем, что одно понятие логически вытекает из другого. Так, в конвенции ООН к **инвалидам** относятся лица с устойчивыми физическими, психическими, интеллектуальными или сенсорными нарушениями, которые при взаимодействии с различными барьерами могут мешать их полному и эффективному участию в жизни общества наравне с другими [2]. Это значит, что инвалидность – это процесс, то есть сами физические, психические, интеллектуальные или сенсорные нарушения, которые могут препятствовать лицам с данными группами нарушений, эффективно участвовать в жизни общества. Однако, ранее (1992) Советом Европы был упомянут непосредственно термин «**инвалидности**». Он определяется как ограничения в возможностях, обусловленные физическими, психологическими, социальными, культурными, законодательными и иными барьерами, которые не позволяют человеку, имеющему инвалидность, быть интегрированным в общество [2]. Согласно этому термину можно стать инвалидом по причине закона или по причине иной культурной направленности. Однако, в ходе исследования нам не удалось найти законы, непосредственно ограничивающие инвалидов, или законы, ограничивающие права человека настолько, чтобы он становился инвалидом. Бесспорно, критерии инвалидности устанавливаются и корректируются законодательством. Касаясь инвалидности, обусловленной культурой, вероятнее всего, имеется ввиду восприятие инвалидов другими представителями и институтами общества.

Вторая ступень законодательства отличается тем, что в законах РФ не встречается непосредственно термина «инвалидность», а употребляется только понятие «инвалид». Как было указано ранее, это обуславливается тем, что оба понятия схожи по смыслу, одно обозначает человека, а другое причины этих ограничений.

Итак, согласно Федеральному закону от 24.11.1995 г. № 181-ФЗ (ред. от 07.03.2017 г.) «О социальной защите инвалидов в Российской Федерации» **инвалид** - лицо, которое имеет нарушение здоровья со стойким расстройством функций организма, обусловленное заболеваниями, последствиями травм или дефектами, приводящее к ограничению жизнедеятельности и вызывающее необходимость его социальной защиты [6]. Ограничение жизнедеятельности определено там же как полная или частичная утрата лицом способности или возможности осуществлять самообслуживание, самостоятельно передвигаться, ориентироваться, общаться, контролировать свое поведение, обучаться и заниматься трудовой деятельностью. Понятие об ограничении жизнедеятельности впервые определено в ФЗ-181, в международных документах он отсутствует.

Региональное законодательство, отвечающее за права инвалидов, полностью копирует федеральный уровень. Так, в ЗаклЮчении на проект закона «Об обеспечении беспрепятственного доступа инвалидов и других маломобильных групп населения к информации, объектам социальной, транспортной и инженерной инфраструктур в Санкт-Петербурге» по понятию «инвалид» дается следующее пояснение: «Понятие «инвалид» установлено ст.1 Федерального закона «О социальной защите инвалидов в Российской Федерации» и не требует дополнительного закрепления законом Санкт-Петербурга» [13].

По-видимому, с учетом географической специфики можно определить термин «инвалид» как человек, для устранения ограничений жизнедеятельности которого гражданскими, социальными и медицинскими институтами (с учетом территориальных особенностей внешней среды проживания) необходима разработка программ, позволяющих интегрировать его в общественную жизнь.

Проблему инвалидности как социального явления можно изучать с точки зрения различных теоретических подходов. Но хотелось бы отметить, что инвалидность должна рассматриваться не только как социальное явление и изучаться с помощью теоретических подходов, феномен инвалидности необходимо рассматривать с точки зрения географической науки, что переводит ее из исключительно социальной проблемы в проблему общественно-географическую, а еще в более узком смысле – в медико-географическую [5].

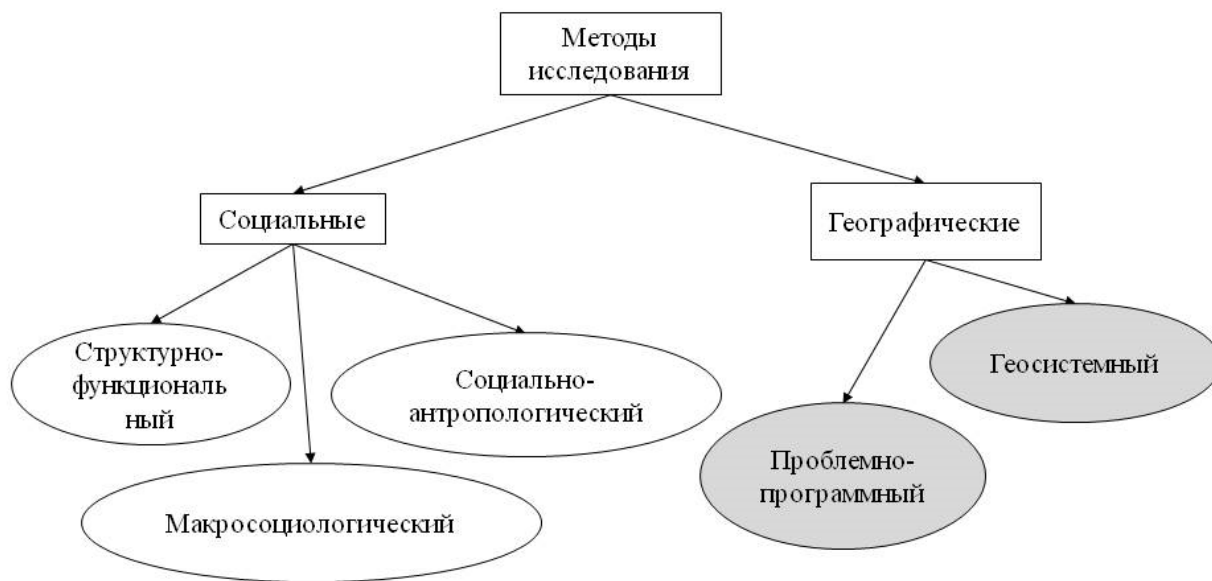


Рис. 1 – Методы изучения инвалидности

В первую очередь, необходимо рассмотреть социальные подходы (рис.1), первым из них будет структурно-функциональный подход Т. Парсонса, по мнению которого, существует яркая диспропорция властных полномочий во взаимоотношениях врач-пациент. В данной ситуации врач заведомо находится в господствующем положении по отношению к пациенту, который, в свою очередь, абсолютно законно освобожден от социальных обязанностей и пассивно ждет вердикта со стороны врача. Необходимо обратить внимание на термин **«социальные обязанности»** - набор способов и приемов социального взаимодействия, которыми человек овладевает на протяжении жизненного пути и пользуется для жизни в обществе, устанавливает свое равновесие с другими [12].

Т. Парсонс считал, что болезнь по своему генезису является исключительно социальным феноменом. В этой связи он различал заболевание как неблагоприятное физическое состояние организма и как социальный статус, приписываемый инвалиду на основе допущения, что оно действительно имеет место [4]. В свою очередь, статус имеет необратимые последствия как для человека, так и для социальной группы, в которой он находится, а в глобальном значении и для всего общества.

В рамках социально-антропологического подхода (Э. Дюркгейм) в отношении инвалидизации исследовались стандартизированные и институциональные формы социальных отношений (социальная норма и девиация), социальные институты, механизмы социального контроля. По мнению Э. Дюркгейма, в настоящее время в обществе сложно разделить явления на нормальные и ненормальные, хорошие и плохие. Подобное разделение возможно исключительно в том случае, если известны все обстоятельства сложившейся социальной ситуации [4].

Макросоциологический подход к изучению проблем инвалидности включает социально-экологическую теорию У. Бронфенбрнера. Проблемы инвалидности рассматриваются автором в макросистеме, экосистеме, мезосистеме, микросистеме. Что обозначает, соответственно, политические, экономические и правовые позиции, господствующие в обществе; общественные институты, органы власти; взаимоотношения между различными жизненными областями; непосредственное окружение индивида.

Второй веткой методологии в вопросах изучения инвалидности являются общественно-географические подходы. На рис. 1 выделены два метода - геосистемный и проблемно-программный, которые, по-видимому, могли бы помочь в комплексном анализе феномена инвалидности и поиске путей снижения ее уровня и решения проблем инвалидов.

Надо отметить, что проблемно-программный подход, в становлении которого значительный вклад внесли географы [1], [7], [8], давно используется государством в попытке стирания границ между инвалидами и обществом. В настоящее время он является основой программного планирования в РФ. Главной программой, направленной непосредственно на решение проблемы инвалидности, является программа «Доступная среда».

«Доступная среда» – многоцелевая государственная программа, созданная для поддержки граждан, с физическими или психическими отклонениями. Эта программа является основой государственной поддержки инвалидов, так как целью программы является – создание правовых, экономических и институциональных условий, способствующих интеграции инвалидов в общество и повышению уровня их жизни. После подписания «Конвенции о правах инвалидов» в 2006 году, распоряжением правительства от 17.11.08 г. была утверждена программа «Доступная среда». В настоящее время программа включает в себя 4 этапа, сроки выполнения которых нарушены. На данный момент времени, фактически заканчивается только второй этап реализации данной программы, который включает в себя создание реабилитационных центров, а также оснащение специальным оборудованием образовательных и медицинских учреждений. Для достижения конечных целей программы 5 декабря 2017 года В. В. Путин по итогам встречи с инвалидами, представителями общественных организаций и профессиональных сообществ, оказывающих

содействие инвалидам, дал поручение продлить программу «Доступная среда» до 2025 года. Также было поручено разработать гибкую систему учета индивидуальных потребностей инвалида предусматривающих использование электронного сертификата с учетом имеющегося опыта его применения в отдельных субъектах РФ.

Для выполнения программы предполагается выполнить целый комплекс задач [14], в том числе те, которые напрямую связаны с географической наукой:

- обеспечение равного доступа инвалидов к приоритетным объектам и услугам в приоритетных сферах жизнедеятельности инвалидов и других маломобильных групп населения;
- обеспечение равного доступа инвалидов к реабилитационным и абилитационным услугам, включая обеспечение равного доступа к профессиональному развитию и трудоустройству инвалидов.

По итогам реализации программы ожидаются следующие результаты, имеющие общественно-географическую интерпретацию [9]:

- увеличение доли доступных для инвалидов и других маломобильных групп населения приоритетных объектов социальной, транспортной, инженерной инфраструктуры в общем количестве приоритетных объектов (с 14,4% в 2011 году до 68,20% к 2020 году)
- увеличение доли субъектов Российской Федерации, сформировавших систему комплексной реабилитации и абилитации инвалидов, в том числе детей-инвалидов, соответствующей типовой программе субъекта Российской Федерации в общем количестве субъектов Российской Федерации (с 12,00% в 2017 году до 44,70% к 2020 году)
- увеличение доли занятых инвалидов трудоспособного возраста в общей численности инвалидов трудоспособного возраста в Российской Федерации (с 28,20% в 2014 году до 40,00% к 2020 году)

Первый из ориентиров можно назвать инфраструктурным, так как он создает среду, позволяющую инвалидам беспрепятственно функционировать в обществе. Как мы можем увидеть, в 2011 году лишь 14,4% объектов располагали вспомогательными, для инвалидов средствами. С 2017 года сотрудников объектов социальной инфраструктуры Российской Федерации обязали проходить обучение по программе «Доступная среда», а сами учреждения - создать необходимую инфраструктуру.

Следующим ориентиром является формирование мер по реабилитации и абилитации инвалидов, соответствующей типовой программе субъекта РФ данный ориентир можно назвать организационным. Необходимо пояснить значение терминов:

• Реабилитация – это сочетание медицинских, общественных и государственных мероприятий, проводимых с целью максимально возможной компенсации или восстановления нарушенных или утраченных функций и социальной адаптации больных, пострадавших или инвалидов [11].

• Абилитация – лечебные и социальные мероприятия, направленные на улучшение физических и психических возможностей инвалида с рождения или с раннего детства, содействующие его адаптации к жизни [10].

В типовой программе субъекта необходимо учесть географическую специфику региона. Кроме того, по-видимому, необходимо привязывать подобные проекты к муниципальным образованиям, так как виды муниципальных образований, рельеф и другие факторы могут повлиять на возможности реабилитации и абилитации инвалида. Это касается и инфраструктурного ориентира.

Третий ориентир направлен на разрешение вопроса занятости инвалидов, что означает изменение рынка труда. Увеличение рабочих мест для инвалидов, бесспорно, может разрушить социальный «барьер» между обычными людьми и людьми с некоторыми ограничениями, но ни в коем случае нельзя директивно заставлять работодателей принимать к себе на работу инвалидов. Необходимо разработать систему поощрения работодателей за трудоустройство инвалида в организации, тогда это может послужить толчком к разрешению проблемы трудоустройства инвалидов в трудоспособном возрасте.

В противоположность проблемно-программному подходу, геосистемный подход абсолютно не распространен в изучаемой области исследований. Однако, по нашему мнению, он является более универсальным и может рассматривать феномен инвалидности в рамках его взаимодействия со всеми социальными и прочими институтами. Кроме того, данный подход показывает связь экономических показателей с показателями инвалидности, показателей промышленности с показателями травматизма или же, например, возможно рассмотреть, что дотации на одного инвалида могут изменяться в зависимости от среды его обитания. Связано это с тем, что с позиции геосистемного подхода можно рассматривать любое явление с точки зрения влияния на него всех возможных факторов.

Заключение

Таким образом, можно предложить следующие инструменты, способствующие интеграции инвалидов в общество:

1. Создание организационно-управленческих кластеров, для решения проблемы социально-экономического развития с точки зрения правовых мер и механизмов влияния на ситуацию в целом. Одно из подразделений которых должно заниматься вопросами инвалидов (улучшение качества жизни, повышение платежеспособности, разработка программ по улучшению инфраструктуры для беспрепятственной жизнедеятельности инвалида в зависимости от специфики кластера или иной территориальной структуры). При невозможности создания таковых необходимо передать право на разработку программ для инвалидов на уровень муниципальных образований.

2. Продление программы «Доступная среда», но с изменением целевых индикаторов и программ реализации, с учетом полученного опыта в ходе реализации этапов в рамках нынешней программы.

3. Учет системы расселения инвалидов при размещении объектов социальной инфраструктуры и здравоохранения, так как в дальнейшем это может помочь избежать расходов на иные вспомогательные программы для снижения ограничений для людей – инвалидов.

4. Популяризация проекта «карта доступности», который в настоящее время реализуется на территории РФ, и упрощение механизма включения объектов в данную программу при их оснащении необходимой инфраструктурой для приема инвалидов.

Предлагаемые меры могут способствовать интеграции инвалидов в общество во всех субъектах Российской Федерации.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Баженов Ю. Н. От проблемы – к цели. / Баженов Ю. Н., Чистобаев А. И. // Горизонты комплексных программ. М. : Мысль, 1987. 242 с.
2. Конвенция о правах инвалидов, резолюция 61/106 Генеральной Ассамблеи ООН от 13 декабря 2006 года.
3. Баженов Ю. Н. Общий накопленный контингент инвалидов трудоспособного возраста населения Российской Федерации и его социально-гигиеническая характеристика / Баженов Ю. Н., Чистобаев А. И. // Здравоохранение Российской Федерации. 2007. № 3. С. 31–33.
4. Реут М.Н. Комплексный подход к определению инвалидности / Реут М.Н. // Власть. 2008. №7. С. 94 – 96.
5. Семенова З.А. Медицинская география и здоровье населения: эволюция знания / Семенова З.А., Чистобаев А.И.. СПб.: Европейский дом, 2015, 252 с.
6. Федеральный закон от 24.11.1995 N 181-ФЗ (ред. от 07.03.2017) «О социальной защите инвалидов в Российской Федерации».
7. Чистобаев А. И. Географы – экономисты: судьбы и наследие ученых / Чистобаев А. И.. Тюмень: Вектор БУК, 2000. 76 с.
8. Чистобаев А. И. Владимир Михайлович Четыркин – теоретик проблемного районирования / Чистобаев А. И. // Изв. РГО. Т. 140. Вып. 5, 2008. – С. 1 – 8.
9. Лыготный эксперт [Электронный ресурс] // Программа «Доступная среда» - URL: <http://lgoty-expert.ru/socialnye-lgoty/lgoty-invalidam/programma-dostupnaya-sreda/> (дата обращения 04.02.2019)
10. Академик [Электронный ресурс] // Абилизация – URL: https://psychology_pedagogy.academic.ru/999 (дата обращения 31.03.2019)
11. Академик [Электронный ресурс] // Реабилитация – URL: https://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_medicine/26348/Реабилитация (дата обращения 31.03.2019)
12. Академик [Электронный ресурс] // Социальные навыки (обязанности) – Режим доступа: https://social_pedagogy.academic.ru/626/Социальные_навыки_%28обязанности%29 (дата обращения 02.02.2019)
13. Сайт Законодательного собрания Санкт-Петербурга [Электронный ресурс] // Заключение на проект закона «Об обеспечении беспрепятственного доступа инвалидов и других маломобильных групп населения к информации, объектам социальной, транспортной и инженерной инфраструктур в Санкт-Петербурге» - URL: <http://www.assembly.spb.ru/ndoc/doc/0/706152278?print=0> (дата обращения 02.02.2019)
14. Портал государственных программ Российской Федерации [Электронный ресурс] // Государственная программа «Доступная среда» - URL: <https://programs.gov.ru/Portal/programs/passport/04> (дата обращения 24.01.2019)
15. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс] // Общая численность инвалидов по группам инвалидности – URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/population/disabilities/# (дата обращения 12.01.2019)

Список литературы на английском языке / References in English

1. Bazhenov Y.N. Ot problemy - k celi. // Gorizonty kompleksnyh programm [From problem to goal. / Bazhenov Y.N., Chistobaev A. I. // Complex problem horizons] // M. : Think , 1987. 242 p. [in Russian]
2. Conventions of the Rights of Persons with disabilities, General Assembly resolution 61/106 of December 13, 2006 [in Russian]
3. Lunev V.P. Obshhij nakoplenyj kontingent invalidov trudospobnogo vozrasta naselenija Rossijskoj Federacii i ego social'no-gigienicheskaja harakteristika / Lunev V.P. // Zdravooxranenie Rossijskoj Federacii. [The total accumulated contingent of disabled people of working age of the population of the Russian Federation and its socio – hygienic characteristics // Healthcare of the Russian Federation]. 2007. №3. P. 31-33. [in Russian]
4. Reut M.N. Kompleksnyj podhod k opredeleniju invalidnosti / Reut M.N. // Vlast'. [An integrated approach to the definition of disability // Power]. 2008. №7. P. 94-96. [in Russian]
5. Semenova Z.A. Medicinskaja geografija i zdorov'e naselenija: jevoljucija znaniya. SPB.: Evropejskij dom. [Medical geography and public health: the evolution of knowledge. SPB: European House] / Semenova Z.A., Chistobaev A.I.. 2015. 252 p. [in Russian]
6. Federal'nyj zakon ot 24.11.1995 №181-FZ (red. ot 07.03.2017) «O social'noj zashhite invalidov v Rossijskoj Federacii» [Federal Law of November 24, 1995 No. 181-FZ (as amended on 07.03.2017) “On Social Protection of Disabled Persons in the Russian Federation”] : official text. [in Russian]
7. Chistobaev A.I. Geografy – jekonomisty: sud'by i nasledie uchenyh. Tjumen': Vektor BUK. [Geographers - economists: the fate and heritage of scientists. Tyumen: Vector BEECH] / Chistobaev A. I. 2000. 76 p. [in Russian]
8. Chistobaev A. I. Vladimir Mihajlovich Chetyrkin – teoretik problemnogo rajonirovanija. / Chistobaev A. I. // Izv. RGO. T. 140. Vyp. 5. [Vladimir Mikhailovich Chetyrkin - theorist problem zoning. // Izv. RGO. T. 140. Iss. 5]. 2008. – P. 1-8. [in Russian]
9. Privileged Expert [Electronic resource] // “Accessible Environment” program – URL: <http://lgoty-expert.ru/socialnye-lgoty/lgoty-invalidam/programma-dostupnaya-sreda/> (accessed 04.02.2019)
10. Academician [Electronic resource] // Abilitation – URL: https://psychology_pedagogy.academic.ru/999 (accessed 31.03.2019)
11. Academician [Electronic resource] // Rehabilitation – URL: https://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_medicine/26348/Реабилитация (accessed 31.03.2019)
12. Academician [Electronic resource] // Social skills (duties) – URL: https://social_pedagogy.academic.ru/626/Социальные_навыки_%28обязанности%29 (accessed 02.02.2019)
13. Website of the Legislative Assembly of St. Petersburg [Electronic resource] // Conclusion on the draft law “On ensuring unhindered access of persons with disabilities and other limited mobility groups to information, objects of social, transport and engineering infrastructure in St. Petersburg” – URL: <http://www.assembly.spb.ru/ndoc/doc/0/706152278?print=0> (accessed 02.02.2019)
14. Portal of state programs of the Russian Federation [Electronic resource] // State program "Accessible environment" – URL: <https://programs.gov.ru/Portal/programs/passport/04> (accessed 24.01.2019)
15. Federal State Statistics Service [Electronic resource] // Total number of persons with disabilities by disability groups – URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/population/disabilities/# (accessed 12.01.2019)

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.83.5.010>

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПОРОВЫХ РАСТВОРОВ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ И ПОДЗЕМНЫХ ВОД НА КАЧЕСТВО ВОДЫ ИВАНЬКОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Научная статья

Толкачёв Г.Ю. *

Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова,
Москва, Россия

* Корреспондирующий автор (k-26[at]yandex.ru)

Аннотация

Иваньковское водохранилище – главный источник водоснабжения г. Москва, и в связи с возрастанием антропогенной нагрузки на его водосборную площадь и ухудшением качества воды, подаваемой в канал им Москвы, особенно актуальна проблема его загрязнения тяжёлыми металлами. На водохранилище во внутригодовом режиме измерялось содержание Cr, Co, Ni, Cu, Zn, As, Cd, Pb, Fe, Mn в придонных горизонтах воды, поровых растворах и твёрдой фазе донных отложений.

Исследования показали, что доля запасов тяжёлых металлов в поровом растворе незначительна относительно их запасов в твёрдой фазе, однако роль порового раствора в процессах вторичного загрязнения водных масс водохранилища не ограничивается запасами растворённых элементов. Часть элементов из твёрдой фазы донных отложений может переходить в поровый раствор и далее в водную массу – таким образом, переход из отложений в водную массу осуществляется транзитом через поровый раствор. Также выполненные оценки показывают, что ни диффузионный вынос, ни фильтрация не могут быть реальными механизмами выноса микроэлементов в водную массу.

Ключевые слова: тяжёлые металлы, донные отложения, поровый раствор, твёрдая фаза, вторичное загрязнение.

EVALUATION OF THE EFFECT OF DETACHED WATER OF BOTTOM SEDIMENTS AND UNDERGROUND WATER ON THE QUALITY OF WATER OF IVANKOVO RESERVOIR

Research article

Tolkachev G.Yu. *

All-Russian Scientific Research Institute of Hydrotechnics and Land Reclamation. A.N. Kostyakova, Moscow, Russia

* Corresponding author (k-26[at]yandex.ru)

Abstract

Ivankovo Reservoir is the main source of water supply in Moscow, and due to the increasing anthropogenic load on its catchment area and the deterioration of the quality of water supplied to the Moscow canal, the problem of its contamination with heavy metals is particularly relevant. The content of Cr, Co, Ni, Cu, Zn, As, Cd, Pb, Fe, Mn in the near-bottom water horizons, pore solutions and the solid phase of bottom sediments were measured on the reservoir in the intra-annual mode.

Studies have shown that the proportion of heavy metal reserves in the pore solution is insignificant compared to their reserves in the solid phase, but the role of the pore solution in the processes of secondary pollution of the water masses of the reservoir is not limited to the reserves of dissolved elements. Part of the elements from the solid phase of bottom sediments can pass into the pore solution and further into the water mass – thus, the transition from the sediments to the water mass is carried out in transit through the pore solution. Also, the estimates made show that neither diffusion removal nor filtration can be real mechanisms for the removal of trace elements into the water mass.

Keywords: heavy metals, bottom sediments, pore solution, solid phase, secondary pollution.

Важнейшим критерием качества природной воды является степень её токсичности для человека, для определения которой используются величины предельно допустимых концентраций нормируемых химических элементов в воде. Вещества, содержащиеся в природных водах в малых концентрациях (микроэлементы) и прежде всего тяжелые металлы, обладают высокой физико-химической активностью. Как правило, они присутствуют в природных водах в нескольких формах, различных фазах (вода, поровый раствор, взвеси, донные осадки, биота), участвуют в физико-химических трансформациях при изменении условий среды (кислотность, редокс-условия и пр.). На основе исследования миграции тяжёлых металлов в системе «вода–донные отложения» и количественных оценок интенсивности их массообмена возможно судить о наличии или отсутствии опасности вторичного загрязнения.

Исследователи неоднократно обращались к проблеме загрязнения донных отложений (ДО) Иваньковского водохранилища – главного источника водоснабжения г. Москва – тяжёлыми металлами (ТМ) в связи с возрастанием антропогенной нагрузки на его водосборную площадь и ухудшением качества воды, подаваемой в канал им Москвы. В связи со спадом промышленного производства и уменьшением использования органических и минеральных удобрений в период с 1987 по 1997 гг. снизилось поступление ТМ в водные объекты бассейна Иваньковского водохранилища: уменьшилось поступление азота на 58%, фосфора – на 80%, взвешенных веществ на 44%, железа – на 45%, меди – на 85%, цинка – на 70% [1]. В настоящее время необходимо оценить реакцию ДО на снижение техногенной нагрузки на водохранилище.

Валовое содержание тяжёлых металлов является важным показателем, однако оно ещё не говорит об опасности токсических эффектов при вторичном загрязнении водных масс, которое возможно за счёт диффузии в ионной или связанной форме, конвекции вследствие фильтрации по порам ДО грунтовых вод, взмучивания при изменении

гидродинамических условий в придонном слое. В связи с этим целесообразно разделить ДО на твёрдую фазу и поровый раствор для дальнейшего определения в них содержания ТМ.

На Ивановском водохранилище во внутригодовом режиме измерялось содержание Cr, Co, Ni, Cu, Zn, As, Cd, Pb, Fe, Mn в придонных горизонтах воды, поровых растворах и твёрдой фазе ДО. Исследования проводились на станциях наблюдения «Плоски» и «Шошинский плёс». Станция «Плоски» находится в русловой части водохранилища в створе у д. Плоски – в условиях стандартной скорости течения для данного водоёма. Станция «Шошинский плёс» находится в русловой части Шошинского плёса, 600 метров выше автомагистраль – в условиях замедленного водообмена. Придонная вода отбиралась батометром Молчанова, ДО отбирались дночерпателем Петерсена. Интегральные образцы ДО разделялись центрифугированием на твёрдую фазу и поровый раствор, далее придонная вода и поровый раствор фильтровались через мембранный фильтр с диаметром пор 0,45 мкм. В твёрдой фазе использовался метод химического фазового анализа, включающий в себя её последовательную обработку тремя селективными вытяжками: 1-я вытяжка извлекает обменные и легкорастворимые формы ТМ с помощью ацетатно-аммонийного буферного раствора с pH = 4,8 (108 мл 98% CH₃COOH + 78 мл 25% NH₄OH + 800 мл H₂O); 2-я вытяжка извлекает ТМ, связанные с органическим веществом ДО используется 30% раствор H₂O₂; 3-я вытяжка извлекает только ТМ, связанные с аморфными гидроксидами Fe и Mn при pH = 7,3 (0,5М лимоннокислый Na + NaHCO₃ + Na₂S₂O₄). Образцы воды, ПР и вытяжек из твёрдой фазы ДО анализировались методом масс-спектрометрии ICP-MS.

Как было показано ранее [2], в 90-х годах концентрации ТМ в поровых растворах Ивановского плёса на 1-2 порядка превышали концентрации в придонных слоях воды. Существенное накопление Fe, Mn, Cu, Zn в поровом растворе ДО Ивановского водохранилища произошло уже к началу 80-х годов [3]. По этим данным содержание Fe, Mn, Cu, Zn в этот период в поровом растворе илов всего водохранилища было сопоставимо с их содержанием в водах водохранилища, несмотря на то что поровые воды составляли около 2% от объёма вод водохранилища. В настоящее время оценено содержание и масса растворённых форм ТМ в поровом растворе 10-сантиметрового слоя ДО в Ивановском водохранилище (Таблица 1) – наибольшая масса ТМ в поровом растворе на Ивановском плёсе, что коррелирует с общей массой ТМ на этом плесе [4].

Таблица 1 – Суммарная масса ТМ (т) (числитель) и удельная нагрузка (т/км²) (знаменатель) в поровом растворе верхнего 10-см слоя ДО Ивановского водохранилища

Плёс\Элемент	Cu	Ni	Pb	Cr	Co	Zn
Шошинский (112 км ²)	08/ 0,07	9,8/ 0,09	1,8/ 0,02	20,9/ 0,19	1,4/ 0,01	25,4/ 0,23
Волжский (74 км ²)	3/ 0,04	6,6/ 0,09	1,8/ 0,02	3,2/ 0,04	2,6/ 0,04	28/ 0,38
Ивановский (141 км ²)	85/ 0,6	34/ 0,24	32/ 0,23	38/ 0,27	13,8/ 0,1	165/ 1,17

Сравнение массы ТМ в твёрдой фазе и поровом растворе 10-сантиметрового слоя ДО показывает, что доля запасов ТМ в поровом растворе незначительна относительно их запасов в твёрдой фазе (Таблица 2). Необходимо подчеркнуть, что роль порового раствора в процессах вторичного загрязнения водных масс водохранилища не ограничивается запасами растворённых элементов. Часть ТМ, закреплённая в твёрдой фазе ДО, в определённых физико-химических условиях (резкое снижение pH, обеднение придонного слоя воды растворённым кислородом, изменение окислительно-восстановительной обстановки в ДО) переходит в поровый раствор и далее в водную массу, при этом переход ТМ из ДО в водную массу осуществляется транзитом через поровый раствор.

При сработке водохранилища в зимний период происходит разгрузка в его ложе подземных вод. По материалам [5] непосредственно в ложе водохранилища разгружаются грунтовые воды в объёме 0,5-5 м³/сут [на 1 погонный метр], в результате чего возможен вынос микроэлементов из порового раствора ДО конвективным перемешиванием, на которое накладывается молекулярный перенос. Суммарный поток веществ из ДО в этом случае складывается из конвективного переноса со средней скоростью фильтрации v и диффузного переноса с коэффициентом молекулярной диффузии D_m . Оценим возможную величину этого потока.

Таблица 2 – Доля накопленной массы ТМ в поровом растворе в сравнении с их запасами в твёрдой фазе ДО Ивановского водохранилища (%)

	Волжский плёс	Шошинский плёс	Ивановский плёс
Cr	0.38	1.72	3.27
Co	0.87	0.39	1.63
Ni	1.74	2.45	3.54
Cu	0.81	2.19	7.08
Zn	1.08	1.45	2.39
Pb	0.26	0.21	2.5

В физической химии процесс массопереноса в сорбирующей пористой среде описывается суммой конвективного и диффузионного потоков:

$$j = -D_{эф} \frac{\partial C}{\partial x} + vC \quad (1)$$

где $D_{эф}$ – эффективный коэффициент диффузии, учитывающий влияние продольной дисперсии, зависящей от скорости фильтрации v и сорбции на диффузионный массоперенос за счет градиента концентрации $\partial C/\partial x$. При учете сорбции

$$D_{эф} = D_m/\Gamma \quad (2)$$

где Γ – коэффициент распределения между твердой и жидкой фазами. Величина коэффициента молекулярной диффузии – $n \cdot 10^{-5} \text{ см}^2/\text{с}$ [6].

При оценках по формуле (1) принимаем максимальную зимнюю разгрузку грунтовых вод $5 \text{ м}^3/\text{сут}$ на 1 погонный метр. При длине водохранилища 111 км (не считая Шошинского плёса) разгрузка в зимний период составит $555 \cdot 10^3 \text{ м}^3/\text{сут}$ или $6,424 \text{ м}^3/\text{с}$. По данным работы [5] фильтрация протекает на 15% площади Волжского и Ивановского плёсов, а основная часть дна водохранилища практически не затронута фильтрацией. Площадь водохранилища – 327 км^2 . Тогда для 15% дна средняя линейная скорость фильтрации (на полное сечение дна) составит:

$$v = (6,424 \text{ м}^3/\text{с}) / (32,25 \cdot 10^6 \text{ м}^2) = 2 \cdot 10^{-4} \text{ см/с}.$$

Или средняя локальная скорость в поровом слое ДО составит (порозность = 0,85)

$$v' = v/m = 4,45 \cdot 10^{-4} \text{ см/с}.$$

За месяц ($2,6 \cdot 10^6 \text{ с}$) на квадратный метр площади дна будет профильтрован объем $5,18 \text{ м}^3$. В поровом 10-см слое на квадратный метр площади дна содержится $0,04 \text{ м}^3$ порового раствора. Таким образом, при максимальной скорости фильтрации ($5 \text{ м}^3/\text{сут}$) за месяц будет профильтровано 130 свободных объемов поровой воды.

Для оценки возможности выноса сорбированных микрокомпонентов в трех подвижных формах воспользуемся равновесной моделью сорбции [7]. Для этого надо рассчитать коэффициент распределения между твердой и жидкой фазами, т.е. отношение Γ равновесных концентраций a и C , где a – концентрация микрокомпонента (на единицу объема слоя) в твердой фазе (по сумме подвижных форм), а C – концентрация микрокомпонента в поровой воде. Концентрации микроэлементов в придонном слое воды и поровом растворе ДО Ивановского водохранилища приведены в таблицах 3 и 4.

Воспользовавшись данными таблиц 3 и 4, а также данными о накопленной массе ТМ в твердой фазе ДО Ивановского водохранилища [8], [9], [10], получим представленные в таблице 5 значения коэффициента распределения

$$\Gamma = C_{тф} / C_{пр} \quad (3)$$

Здесь $C_{тф}$ – концентрация ТМ в твердой фазе ДО, $C_{пр}$ – концентрация в ПР. По равновесной модели для десорбции порового объема V требуется объем промывной воды – $\Gamma \cdot V$, т.е. порядка 10^4 объемов порового пространства. Таким образом, за счет фильтрации с максимальной скоростью на 15% площади дна будет десорбировано и вымыто только незначительная часть подвижных форм.

Таблица 3 – Содержание микроэлементов в придонной воде (числитель) и поровом растворе (знаменатель) Волжского плёса (мкг/л)

	июнь	июль	август	октябрь	январь	февраль	март	май
Cr	5.8/6.03	5.6/1.69	0.38/3.9	1.9/4.54	0.63/6.64	0.51/2.13	0.18/1.79	0.11/1.68
Co	0.49/2.01	0.33/1.4	0.41/1.43	0.54/0.69	0.41/1.11	0.34/0.86	0.38/0.56	0.26/0.34
Ni	4.05/0.9	1.85/3.42	3.12/11.93	3.79/5.51	3.95/5.98	3.53/3.78	3.36/3.69	2.25/3.47
Cu	2.27/5.11	1.4/1.67	1.58/1.5	2.35/2.69	1.57/2.58	1.35/2.69	1.59/3.05	0.5/0.5
Zn	1.33/12.76	5.43/15.38	2.68/11.54	6.81/21.0	3.61/30.77	3.56/37.34	8.04/41.3	6.49/8.72
As	0.84/4.55	1.52/4.94	0.72/3.12	0.83/0.95	0.59/1.39	0.35/1.35	0.6/0.87	0.61/1.06
Cd	0.15/0.12	0.12/0.02	0.1/0.1	0.19/0.15	0.05/0.03	0.08/0.03	0.02/0.05	0.03/0.02
Pb	5.87/2.95	3.39/0.96	4.86/0.92	5.07/0.76	2.25/0.72	1.97/1.09	0.18/0.43	0.67/0.56
Mn	227.3/3302	263.1/1515	249.0/4021	470.6/1025	264.4/2001	439.9/1726	227.8/1171	576.5/616
Fe	111.6/1103	269.6/525	55.9/1060	144.0/174	95.5/873	63.3/883	307.5/485	94.1/187

Таблица 4 – Содержание микроэлементов в придонной воде (числитель) и поровом растворе (знаменатель) Шошинского плёса (мкг/л)

	июнь	июль	август	октябрь	январь	февраль	май
Cr	8.46/10.24	3.05/10.44	2.45/12.1	1.78/28.91	0.51/7.39	1.27/9.98	0.62/11.6
Co	0.59/0.9	0.42/0.71	0.49/0.86	0.63/0.57	0.39/0.42	0.51/0.73	0.27/0.5
Ni	1.93/2.58	1.68/4.91	1.87/3.56	2.39/3.78	2.63/4.09	2.81/4.56	2.04/2.93
Cu	1.25/2.0	1.78/3.95	1.13/3.5	1.04/3.62	1.09/3.75	1.22/3.82	0.97/2.76
Zn	4.1/8.12	4.41/12.73	5.75/9.52	6.27/4.13	9.8/15.65	8.39/4.48	7.12/9.74
As	0.79/2.27	1.87/2.56	0.87/2.28	0.73/1.28	0.57/0.49	0.64/1.56	0.62/0.8
Cd	0.1/0.28	0.16/0.08	0.14/0.12	0.11/0.02	0.03/0.05	0.06/0.02	0.04/0.02
Pb	1.92/0.97	0.76/0.89	0.58/0.65	0.38/0.69	0.12/0.74	0.43/0.63	0.29/0.45
Mn	302.1/2915	132.8/1782	183.2/1782	191.2/968	224.7/346	313.6/1785	255.3/1117
Fe	432.9/469	215.1/109	295.6/408	337.9/107	483.2/28.8	538.9/164	213.1/59

По данным таблицы 5 следует, что имеет место значительная сорбция микроэлементов твердой фазой ДО. Заметим, что коэффициенты распределения, хотя они являются валовыми величинами, имеют незначительный разброс значений. Эти данные позволяют более точно оценить возможность выноса металлов из ДО за счет диффузии.

Таблица 5 – Коэффициенты распределения концентраций ТМ (Г) между твёрдой фазой и поровым раствором на плёсах водохранилища

Элемент	Волжский плёс	Иваньковский плёс	Шошинский плёс
Cr	$1,4 \cdot 10^4$	$2,1 \cdot 10^4$	$1,4 \cdot 10^3$
Co	$3,2 \cdot 10^4$	$5,7 \cdot 10^4$	$2,4 \cdot 10^3$
Ni	$2,4 \cdot 10^4$	$1,4 \cdot 10^4$	$2,7 \cdot 10^3$
Zn	$5 \cdot 10^3$	$1,2 \cdot 10^4$	$1,1 \cdot 10^4$
As	$1,1 \cdot 10^4$	$2,6 \cdot 10^4$	$1,3 \cdot 10^3$
Cd	$1,4 \cdot 10^4$	10^4	$1,4 \cdot 10^3$
Pb	$2,7 \cdot 10^4$	$3,1 \cdot 10^4$	$1,6 \cdot 10^3$
Cu	$2 \cdot 10^4$	$2,3 \cdot 10^4$	$1,1 \cdot 10^3$

Оценим диффузионную составляющую выноса. С учетом формулы (2) и данных таблицы 5 получим значения эффективного коэффициента диффузии $D_{\text{эф}} \sim 10^{-9}$.

Рассчитаем диффузионный поток вещества Q на 1 см^2 площади с коэффициентом диффузии $10^{-9} \text{ см}^2/\text{с}$ за один месяц (2 592 000 с). Он будет равен:

$$Q \cong 2,6 \cdot 10^{-3} \Delta C / \Delta x \text{ мг}/(\text{см}^2 \cdot \text{мес}) \quad (4)$$

где ΔC – разность концентраций между придонным слоем и ДО, мг/мл (максимальная разность между концентрациями в ПР и придонной воде не более $10^{-5} \text{ мг}/\text{см}^3$ для всех ТМ, кроме Fe и Mn); Δx – характерный размер между измерениями в придонном слое и ДО. Можно принять его за 1.0 см. Масса компонента, которая может выйти из 10-см слоя ДО за месяц за счет диффузии составляет незначительную часть той массы ТМ, которая содержится в этом слое ДО (столбик площадью 1 см^2). Поэтому за месяц не могут происходить значительные изменения массы ТМ в твёрдой фазе, причем как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения. Выполненные оценки показывают, что ни диффузионный вынос, ни фильтрация не могут быть реальными механизмами выноса микроэлементов в водную массу. Вероятно, основной причиной выноса является макроперенос за счет русловых процессов.

Выводы:

1. Установлено, что доля запасов ТМ в поровом растворе незначительна относительно их запасов в твёрдой фазе, при этом роль порового раствора в процессах вторичного загрязнения водных масс водохранилища не ограничивается запасами растворённых элементов. Часть ТМ, закреплённая в твёрдой фазе ДО, в определённых условиях переходит в поровый раствор и далее в водную массу – таким образом, переход ТМ из ДО в водную массу осуществляется транзитом через поровый раствор.

2. Выполненные оценки показывают, что за месяц за счёт диффузии не могут происходить значительные изменения массы ТМ в твёрдой фазе, и ни диффузионный вынос, ни фильтрация не могут быть реальными механизмами выноса микроэлементов в водную массу.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Бреховских В.Ф. Тяжёлые металлы в донных отложениях Иваньковского водохранилища / В.Ф. Бреховских, З.В. Волкова, А.Г. Кочарян. // Водные ресурсы. – 2001. – №3. – Т.28. – С. 310-319.
2. Бреховских В.Ф. О накоплении тяжелых металлов в донных отложениях Иваньковского водохранилища [Accumulation of heavy metals in bottom sediments of the Ivankovo reservoir] / В.Ф. Бреховских, З.В. Волкова // Мелиорация и водное хозяйство. 1998. – №3. – С. 15-16.
3. Абакумов В.А. Иваньковское водохранилище: современное состояние и проблемы охраны / В.А. Абакумов, Н.П. Ахметьева, В.Ф. Бреховских и др. – М: Наука, 2000. – 344 с.
4. Толкачёв Г.Ю. Тяжёлые металлы в системе «вода–донные отложения» / Г.Ю. Толкачёв. – Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012. – 98 с. ISBN: 978-3-8484-9582-5
5. Ахметьева Н.П. Загрязнение грунтовых вод удобрениями / Н.П. Ахметьева, М.В. Лола, А.Г. Горещкая. – М.: Наука, 1991. – 99 с.
6. Крайнов С.Р. Геохимия подземных вод. Теоретические, прикладные и экологические аспекты / С.Р. Крайнов, Б.Н. Рыженко, В.М. Швеи. – М.: Наука, 2004. – 677 с.
7. Веницианов Е.В. Динамика сорбции из жидких сред / Е.В. Веницианов, А.П. Рубинштейн. – М.: Наука, 1983. – 240 с.
8. Толкачёв Г.Ю. Сравнительная характеристика содержания и форм существования микроэлементов в донных отложениях различных районов р. Волга / Г.Ю. Толкачёв // Международный научно-исследовательский журнал. 2017. – №3 (57), Часть 3. – С. 85-89.

9. Толкачёв Г.Ю. Содержание и формы существования тяжелых металлов в донных отложениях Иваньковского и Угличского водохранилищ / Г.Ю. Толкачёв, Н.В. Коломийцев, Б.И. Корженевский // Мелиорация и водное хозяйство. 2017. – № 4. – С. 37-43.

10. Толкачёв Г.Ю. Характеристики содержания и форм существования тяжёлых металлов в донных отложениях Иваньковского и Угличского водохранилищ / Г.Ю. Толкачёв, Н.В. Коломийцев, Б.И. Корженевский // Использование и охрана природных ресурсов в России. 2017. – №3(151). – С. 24-28.

Список литературы на английском языке/ References in English

1. Brehovskikh V.F. Tjzhelye metally v donnykh otlozheniyakh Ivan'kovskogo vodohranilishha [Heavy metals in bottom sediments of the Ivankovo reservoir] / V.F. Brehovskikh, Z.V. Volkova, A.G. Kocharyan. // Vodnye resursy [Water Resources]. – 2001. – №3. – Т.28. – P. 310-319. [in Russian]

2. Brehovskikh V.F. O nakoplenii tjzhelykh metallov v donnykh otlozheniyakh Ivan'kovskogo vodohranilishha [Accumulation of heavy metals in bottom sediments of the Ivankovo reservoir] / V.F. Brehovskikh, Z.V. Volkova // Melioraciya i vodnoe khozjaystvo [Melioration and Water Management]. 1998. – №3. – P. 15-16. [in Russian]

3. Abakumov V.A. Ivan'kovskoe vodohranilishhe: sovremennoe sostojanie i problemy okhrany [Ivankovskoye reservoir: current state and problems of protection] / V.A. Abakumov, N.P. Akhmet'eva, V.F. Brehovskikh i dr. – M.: Nauka, 2000. – 344 p. [in Russian]

4. Tolkachev G.Yu. Tjzhelye metally v sisteme «voda–donnye otlozheniya» [Heavy metals in the “water-bottom sediments” system] / G.Yu. Tolkachev – Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012. – 98 p. ISBN: 978-3-8484-9582-5 [in Russian]

5. Akhmet'eva N.P. Zagriznenie gruntovykh vod udobreniyami [Groundwater pollution by fertilizers] / N.P. Akhmet'eva, M.V. Lola, A.G. Goretskaya – M.: Nauka, 1991. – 99 p. [in Russian]

6. Krainov S.R. Geokhimiya podzemnykh vod. Teoreticheskie, prikladnye i ekologicheskie aspekty [Geochemistry of groundwater. Theoretical, applied and environmental aspects] / S.R. Krainov, B.N. Ryzhenko, V.M. Shvets – M.: Nauka, 2004. – 677 p. [in Russian]

7. Venitsianov E.V. Dinamika sorbcii iz zhidkikh sred [Dynamics of sorption from liquid media] / E.V. Venitsianov, A.P. Rubinshteyn – M.: Nauka, 1983. – 240 p. [in Russian]

8. Tolkachev G.Yu. Sravnitel'naya kharakteristika sodержaniya i form sushhestvovaniya mikroelementov v donnykh otlozheniyakh razlichnykh rayonov r. Volga / G.Yu. Tolkachev [Comparative characteristics of the content and forms of existence of trace elements in bottom sediments of various areas of the r. Volga] // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal [International Research Journal]. 2017. – №3 (57), Chast' 3. – P. 85-89. [in Russian]

9. Tolkachev G.Yu. Soderzhanie i formy sushhestvovaniya tjzhelykh metallov v donnykh otlozheniyakh Ivan'kovskogo i Uglichskogo vodohranilishh [Content and forms of existence of heavy metals in bottom sediments of the Ivankovo and Uglich reservoirs] / G.Yu. Tolkachev, N.V. Kolomiytsev, B.I. Korzhenevskiy // Melioraciya i vodnoe khozjaystvo [Melioration and Water Management]. 2017. – № 4. – P. 37-43. [in Russian]

10. Tolkachev G.Yu. Kharakteristiki sodержaniya i form sushhestvovaniya tjzhelykh metallov v donnykh otlozheniyakh Ivan'kovskogo i Uglichskogo vodohranilishh [Characteristics of the content and forms of existence of heavy metals in bottom sediments of the Ivankovo and Uglich reservoirs] / G.Yu. Tolkachev, N.V. Kolomiytsev, B.I. Korzhenevskiy // Ispol'zovanie i okhrana prirodnnykh resursov v Rossii [Use and protection of natural resources in Russia]. 2017. – №3(151). – P. 24-28. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.83.5.011>**КЛОНИРОВАНИЕ И ЭКСПРЕССИЯ В *E. COLI* РЕКОМБИНАНТНОГО БЕЛКА VP1 ВИРУСА ИНФЕКЦИОННОЙ АНЕМИИ**

Научная статья

Алиев А.С.^{1,*}, Грудинин М.П.², Комиссаров А.Б.³, Забродская Я.А.⁴, Шалджян А.А.⁵, Алиева А.К.⁶^{1, 2, 3, 4} ООО «Биовет-К», Москва, Россия;⁵ ФГБУ «НИИ гриппа им. А.А. Смородинцева» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия;⁶ ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный экономический университет», Санкт-Петербург, Россия

* Корреспондирующий автор (aliew.axon[at]mail.ru)

Аннотация

Оптимизированная последовательность фрагмента гена VP1 вируса инфекционной анемии цыплят клонирована в экспрессионные плазмиды pET15b и pGEX-3T в рамках считывания полигистидиновой последовательности и глутатион-S-трансферазы соответственно. Получены штаммы *E. coli* Rosetta(DE3), продуцирующие рекомбинантные белки 6HIS-ΔVP1 и GST-ΔVP1. Оптимизированы условия очистки рекомбинантного белка 6HIS-ΔVP1 методом металл-аффинной хроматографии и подобраны условия рефолдинга, обеспечивающие специфическое взаимодействие белка с контрольными поликлональными антителами.

Ключевые слова: (по значимости) Инфекционная анемия цыплят, ИАЦ, экспрессия генов, рекомбинантный белок VP1.

GENERATION AND CHARACTERIZATION OF THE VP1 RECOMBINANT PROTEIN OF THE CHICKEN ANEMIA VIRUS

Research article

Aliev A.S.^{1,*}, Grudin M.P.², Komissarov A.B.³, Zabrodskaya Y.A.⁴, Shaldzhyan A.A.⁵, Aliyeva A. K.⁶^{1, 2, 3, 4} LLC (limited liability company) "Biovet-K LLC", Moscow, Russia;⁵ Smorodintsev Research Institute of Influenza Ministry of Healthcare of the Russia, St. Petersburg, Russia;⁶ FSBEI of HE "St. Petersburg State Economic University", St. Petersburg, Russia

* Corresponding author (aliew.axon[at]mail.ru)

Abstract

The optimized sequence of the VP1 gene fragment of the infectious chicken anemia virus was cloned into the expression vectors pET15b and pGEX-3T in-frame fused with polyhistidine and glutathione-S-transferase tags, respectively. *E. coli* strains Rosetta (DE3) producing recombinant 6HIS-ΔVP1 and GST-ΔVP1 proteins were obtained. The 6HIS-ΔVP1 recombinant protein purification was performed using Immobilized Metal Affinity Chromatography; the refolding conditions, ensuring the specific interaction of the protein with the control polyclonal antibodies, were fulfilled.

Keywords: Chicken anemia virus, CAV, gene expression, VP1 recombinant protein.

Введение

Возбудитель инфекционной анемии цыплят (ИАЦ) играет важную роль в инфекционной патологии птиц: активно размножаясь в гемоцитобластах костного мозга и предшественниках Т-лимфоцитов, вирус вызывает их гибель и развитие иммунодефицитного состояния [2]. У переболевшей птицы создаются условия для возникновения вторичных инфекций, вызываемых условно-патогенными микроорганизмами [18]. Вирус ИАЦ относится к роду Gyrovirus семейства Circoviridae. В 2016г международным комитетом по таксономии вирусов (ICTV) вирус ИАЦ был реклассифицирован в качестве единственного признанного члена рода Gyrovirus семейства Anelloviridae (Adams M. J., et al., 2016). Вирионы цирковиров — икосаэдрические частицы диаметром 16-25 нм. Капсид включает в себя 32 капсомера. Геном вируса ИАЦ представляет собой кольцевую одноцепочечную ДНК длиной около 2 300 нуклеотидов и кодирует три частично перекрывающихся рамки считывания (ORF1, ORF2 и ORF3). Основной структурный белок вириона VP1 (51 кДа) закодирован в ORF1 (1347 п.о.) [15], [17]. Именно этот фрагмент генома, включающий ORF1, чаще всего является объектом секвенирования и молекулярно-генетического анализа. Анализ ДНК различных штаммов, выделенных в разных регионах мира, показал, что идентичность нуклеотидных последовательностей составляет более 94 %. Это подтверждает наблюдение McNulty и соавторов [10], [11] о том, что все известные изоляты относятся к одному серотипу. Капсидный белок VP1 является одним из белковых компонентов вириона, пригодных для разработки вакцинных и диагностических препаратов [16]. В ряде работ показана возможность экспрессии генов вируса ИАЦ в клетках *E. coli*, а белки, полученные подобным образом, обладают выраженной антигенной и иммуногенной активностью [7], [14]. Применение полученного в прокариотической системе экспрессии генов рекомбинантного нуклеокапсидного белка VP1 повысит специфичность и чувствительность метода иммуноферментного анализа (ИФА), используемого для выявления специфических антител.

Цель работы – получение прокариотической системы экспрессии гена VP1 вируса ИАЦ, оптимизация условий экспрессии и очистки целевого рекомбинантного белка.

Материалы и методы

Бактериальные штаммы и плазмиды

Для экспрессии генов, кодирующих рекомбинантные белки, использовали штамм-реципиент *Escherichia coli* Rosetta (DE3) (Novagen, Германия). Плазмиды pET15b/6HIS-ΔVP1 и pGEX-3T/GST-ΔVP1 содержали укороченный ген, кодирующий фрагмент белка VP1 вируса инфекционной анемии цыплят (со 130 по 450 а.о.) в составе белков слияния 6HIS-ΔVP1 и GST-ΔVP1 соответственно. Из литературы известно, что экспрессия гена, кодирующего белок VP1 в *E. coli*, может быть существенно увеличена путём удаления аргинин-богатого N-концевого домена [7]. Последовательность гена VP1 штамма «ИК-4» вируса инфекционной анемии цыплят была оптимизирована без изменения его аминокислотной последовательности для экспрессии в *E. coli*, после чего была синтезирована в ООО «Евроген», Москва. Биологические свойства штамма «ИК-4» вируса ИАЦ, изложены в работе [1].

Трансформация клеток штамма-реципиента *Escherichia coli* Rosetta(DE3)

Компетентные клетки *E. coli* Rosetta (DE3), подготовленные согласно протоколу, изложенному в [9], помещали в ледяную баню, после чего к 100 мкл клеток добавляли раствор плазмидной ДНК (5 нг) и инкубировали на льду в течение часа. Затем клетки опускали в водяную баню при 42°C на 30 секунд и повторно инкубировали на льду в течение 2 минут. Далее к клеткам добавляли 400 мкл среды SOB (2% триптон, 0.5% дрожжевой экстракт, 5M NaCl, 1M KCl), инкубировали при температуре 37°C на орбитальном шейкере при 220 об/мин и высевали на агаризованную среду с антибиотиком (ампициллин 100 мкг/мл и хлорамфеникол 25 мкг/мл).

Индукция экспрессии генов, кодирующих рекомбинантные белки

Для индукции экспрессии генов клетки штаммов-продуцентов *E. coli* Rosetta(DE3)/pGEX-3T/GST-ΔVP1 и *E. coli* Rosetta(DE3)/pET15b/6HIS-ΔVP1 культивировали в 5 мл среды YT*2 (1.6% триптон, 1% дрожжевой экстракт, 0.5% NaCl), содержащей ампициллин (100 мкг/мл) и хлорамфеникол (25 мкг/мл), на орбитальном шейкере при 220 об/мин в течение 4 часов при +37°C до достижения оптической плотности OD=0.6. Экспрессию гена целевого белка индуцировали добавлением ИПТГ (Promega, США) до конечной концентрации 0.2 mM. Клетки культивировали в течение 5 часов. Наличие и уровень синтеза рекомбинантных белков 6HIS-ΔVP1 и GST-ΔVP1 оценивали методом электрофоретического разделения белков в 12% полиакриламидном геле [6].

Накопление биомассы клеток, содержащих рекомбинантный белок

Клетки штаммов-продуцентов культивировали в 500 мл среды YT*2, содержащей ампициллин (100 мкг/мл) и хлорамфеникол (25 мкг/мл), в течение 4 часов при +37°C на орбитальном шейкере при 220 об/мин до достижения оптической плотности OD=0.6. Экспрессию гена целевого белка индуцировали добавлением ИПТГ до конечной концентрации 0.2 mM. Клетки культивировали в течение 5 часов при +37°C на орбитальном шейкере при 220 об/мин. Далее клетки осаждали центрифугированием в течение 1 часа при 9000 g и +4°C, ресуспендировали в фосфатно-солевом буфере (ФС-буфер: 10 mM Na₂HPO₄, 1.8 mM KH₂PO₄, 137 mM NaCl, 2.7 mM KCl), после чего повторно осаждали центрифугированием в тех же условиях. Полученную биомассу клеток хранили при -20°C. Наличие целевых белков подтверждали методом электрофоретического разделения белков в 12% полиакриламидном геле.

Идентификация рекомбинантных белков методом MALDI масс-спектрометрии

Лизаты клеток штаммов-продуцентов подвергали электрофоретическому разделению в 12% полиакриламидном геле по методике Лэммли [6] на аппарате MiniProtean III с использованием коммерческих гелей MiniProtean TGX StainFree (Bio-Rad). Гели окрашивали коллоидным раствором Кумасси G-250 [3], изображения получали на аппарате ChemiDoc XRS+ и анализировали при помощи программного обеспечения ImageLab (Bio-Rad). Окрашенные зоны, предположительно соответствующие целевым белкам GST-ΔVP1 и 6HIS-ΔVP1, вырезали и проводили ферментативный гидролиз белков в геле трипсином. Для этого вырезанные зоны отмывали два раза по 15 минут в 100 мкл 40% ацетонитрила, 30 mM NH₄HCO₃ и обезвоживали 100 мкл 100% ацетонитрила, после чего к сухому фрагменту геля добавляли 2 мкл трипсина (Sigma, США), 20 мкг/мл в 50 mM NH₄HCO₃. Ферментативный гидролиз проводили в течение 5 часов при температуре +37°C. Реакцию останавливали 3 мкл 10% ацетонитрила, 0.5% трифторуксусной кислоты.

Для масс-спектрометрического исследования образец смешивали с матрицей DHB (2,5-дигидроксibenзойная кислота, Bruker, Германия) и наносили на мишень GroundSteel (Bruker, Германия). Спектр триптических пептидов получали на MALDI-TOF/TOF масс-спектрометре «ultrafleXtreme» (Bruker, Германия) в режиме регистрации положительных ионов. Идентификацию белка осуществляли с использованием Mascot (matrixscience.com). Поиск проводился одновременно среди всех известных белков в базе данных NCBI (национальный центр биотехнологической информации, США) и в локальной базе данных, куда вносили оригинальные последовательности рекомбинантных белков. В качестве варьируемых модификаций а.о. указывали окисление метионинов, ошибку ограничивали 20 ppm.

Очистка рекомбинантных белков

Выделение телец включения

Биомассу размораживали, ресуспендировали в лизирующем буфере (50 mM трис-HCl, 500 mM NaCl, 1% Тритон X-100, 1 mM фенилметилсульфанил фторид (ФМСФ), 5 mM β-меркаптоэтанол, pH 8.0) из расчета 2 мл буфера на 1 г биомассы. Далее клетки разрушали, подвергая суспензию обработке ультразвуком при помощи дезинтегратора MSE (Великобритания) (5 циклов по 30 секунд озвучивания и 2 минуты охлаждения в ледяной бане). Полученные лизаты центрифугировали в течение 1 часа при 15000 g, +4°C, супернатант отбрасывали. Осадок ресуспендировали в лизирующем буфере (см. выше) из расчета 1 мл буфера на 1 г осадка, центрифугировали в течение 1 часа при 30000 g, +10°C. Супернатант отбрасывали, полученные осадки, содержащие тельца включения целевых белков GST-ΔVP1 и 6HIS-ΔVP1, хранили при -20°C.

Хроматографическая очистка и рефолдинг целевых белков

Рекомбинантный белок GST-ΔVP1

Тельца включения растворяли в денатурирующем буфере (ФС-буфер, 8 М мочевины, 2 мМ ЭДТА, 1 мМ ФМСФ) из расчета 5 мл буфера на 1 г телец включения. Раствор инкубировали на шейкере при комнатной температуре в течение 1 часа, далее центрифугировали при 30000 g, +10°C в течение 1 часа. Супернатант отбирали, фильтровали через шприцевой фильтр-насадку (Millipore, размер пор 0.45 мкм, материал мембраны – полиэфирсульфон). Концентрацию белка в растворе определяли методом Лоури [8].

Рефолдинг белка проводили методом разбавления. Раствор телец включения приливали к предварительно охлажденному буферу для рефолдинга (ФС-буфер, 2 мМ ЭДТА, 1 мМ ФМСФ) до конечной концентрации белка 0.1 мг/мл и инкубировали на магнитной мешалке в течение 24 часов при температуре +4°C. Далее раствор центрифугировали в течение 1 часа при 15000 g, +4°C, супернатант отбирали, определяли концентрацию белка методом Лоури.

Хроматографическую очистку проводили методом аффинной хроматографии на иммобилизованном глутатионе. Хроматографическую колонку GSTrap HP (GE Healthcare, США) объемом 5 мл уравнивали 25 мл стартового буфера (ФС-буфер, 2 мМ ЭДТА) на скорости потока 5 мл/мин. Далее вносили раствор белка после рефолдинга на скорости потока 2 мл/мин, после чего промывали колонку 50 мл стартового буфера на скорости потока 2 мл/мин. Целевой белок элюировали буфером для элюции (100 мМ трис-HCl, 20 мМ восстановленный глутатион, pH 7.8) на скорости потока 2 мл/мин. Мониторинг элюции вели по оптической плотности на длине волны 280 нм, отбирая фракции объемом 1 мл при помощи автоматического коллектора.

Рекомбинантный белок 6HIS-ΔVP1

Тельца включения растворяли в денатурирующем буфере (20 мМ Na₃PO₄, 500 мМ NaCl, 8 М мочевины, 20 мМ имидазол, 1 мМ ФМСФ, 5 мМ β-меркаптоэтанол, pH 7.4) из расчета 5 мл буфера на 1 г телец включения. Раствор инкубировали на шейкере при комнатной температуре в течение 1 часа, далее центрифугировали в течение 1 часа при 30000 g, +10°C. Супернатант отбирали, фильтровали через шприцевой фильтр-насадку (размер пор 0.45 мкм, материал мембраны – полиэфирсульфон). Полученный солюбилиат телец включения хранили при +4°C не более 24 часов с добавлением ФМСФ до конечной концентрации 1 мМ.

Хроматографическую очистку проводили методом металл-аффинной хроматографии. Хроматографическую колонку HisTrap FF Crude (GE Healthcare, США) объемом 5 мл перед нанесением образца промывали 25 мл буфера для нанесения (20 мМ Na₃PO₄, 500 мМ NaCl, 8 М мочевины, 20 мМ имидазол, pH 7.4) на скорости потока 5 мл/мин. Далее вносили солюбилиат телец включения на скорости потока 5 мл/мин, после чего колонку промывали 75 мл буфера для нанесения на скорости потока 5 мл/мин. Целевой белок элюировали буфером для элюции (20 мМ Na₃PO₄, 500 мМ NaCl, 8 М мочевины, 500 мМ имидазол, pH 7.4) на скорости потока 2 мл/мин. Мониторинг элюции вели по оптической плотности на длине волны 280 нм, отбирая фракции объемом 1 мл при помощи автоматического коллектора. Фракции, имеющие значение оптической плотности более 300 mAU, объединяли.

Рефолдинг очищенного белка 6HIS-ΔVP1 осуществляли методом разбавления. К предварительно охлажденному до +4°C буферу для рефолдинга (см. рис. 6) приливали раствор очищенного белка до конечной концентрации белка 0.1 мг/мл и инкубировали на шейкере в течение 24 часов при +4°C. Далее полученный раствор белка центрифугировали в течение 1 часа при 15000g, +4°C, супернатант отбирали, концентрацию белка определяли методом Лоури.

Оценка эффективности рефолдинга

Эффективность рефолдинга белков определяли методом электрофоретического разделения белков в полиакриламидном геле с последующей денситометрией. Супернатант после рефолдинга и контрольный образец (раствор телец включения белка, разбавленный денатурирующим буфером до конечной концентрации белка 0.1 мг/мл) анализировали по методике Лэммли на аппарате MiniProtein III с использованием коммерческих гелей MiniProtein TGX StainFree (Bio-Rad). Гели окрашивали коллоидным раствором Кумасси G-250 [3], изображения получали на аппарате ChemiDoc XRS+ и анализировали при помощи программного обеспечения ImageLab (Bio-Rad). Процент целевого белка в растворимой форме вычисляли, проводя сравнительную денситометрию дорожек исследуемого образца и образца сравнения.

Метод непрямого иммуноферментного анализа (ИФА)

Постановку непрямого ИФА проводили по следующей схеме. Рекомбинантный антиген в концентрации 5 мкг/мл сорбировали на планшетах для иммуноферментного анализа (Медполимер, Россия) в 0.05 М карбонатно-бикарбонатном буфере, pH 9.5, в течение 18 часов при 4°C, промывали ФС-буфером, содержащем 0.05% Твин-20, (ФСБТ) и высушивали при 37°C. В качестве блокирующего раствора использовали 5% обезжиренное молоко в ФС-буфере. Далее в лунки последовательно вносили по 100 мкл исследуемых сывороток (использовали серию двукратных разведений 1:100, 1:200 и т.д.) в ФСБТ, а затем меченые пероксидазой антитела к IgY кур в рабочем разведении. В качестве контроля также вносили по 100 мкл положительной и отрицательной сыворотки. На каждом этапе планшеты инкубировали 1 час с последующей трехкратной отмывкой ФСБТ. Далее в лунки вносили по 100 мкл субстратного раствора с тетраметилбензидином («ТМБ», «Sigma») и инкубировали в течение 15 минут при комнатной температуре. Реакцию останавливали добавлением 0.05 мл 2 М H₂SO₄. Интенсивность окраски в лунках определяли на планшетном фотометре Multiskan EX (Thermo Scientific, США) при длине волны 450 нм (A450). Положительными считали сыворотки со значением A450 в два и более раза превышающие значения A450 отрицательной сыворотки.

Результаты и обсуждение

Конструирование экспрессионных плазмид

Для разработки эффективной технологии получения и очистки фрагмента белка VP1 вируса инфекционной анемии цыплят использовали две генетические конструкции, которые кодируют два рекомбинантных белка. В рекомбинантном белке GST-ΔVP1 целевой белок ΔVP1 маркирован глутатион-S-трансферазой, а рекомбинантным

белке 6HIS-ΔVP1 целевой белок ΔVP1 маркирован 6HIS-тегом, расчетная молекулярная масса белков составляет 63.6 и 41.0 кДа соответственно. На первом этапе исследования последовательность гена VP1 клонировали в экспрессионные векторы pGEX-3T и pET15b по сайтам рестрикции BamHI/EcoRI и NdeI/XhoI соответственно. В результате получили конструкции pGEX-3T/GST-ΔVP1 и pET15b/6HIS-ΔVP1, кодирующие рекомбинантные белки GST-ΔVP1 и 6HIS-ΔVP1 (см. рис. 1).

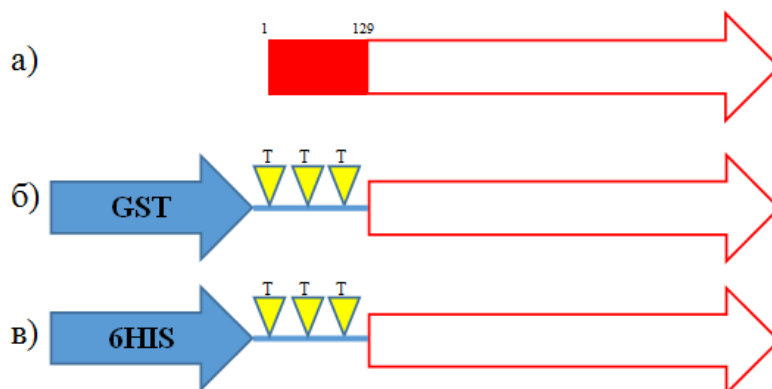


Рис. 1 – Схема строения рекомбинантных белков. а) VP1 дикого типа, красным отмечен участок с 1 по 129 а.о., обогащенный аргинином; б) рекомбинантный белок GST-ΔVP1, содержащий протеолитический тромбиновый сайт (TTT); в) рекомбинантный белок 6HIS-ΔVP1, содержащий протеолитический тромбиновый сайт (TTT)

Затем отбирали клоны клеток, в которых выявили экспрессию созданных генетических конструкций (рис.2, дорожки 2-4 и рис. 3, дорожки 2-7).

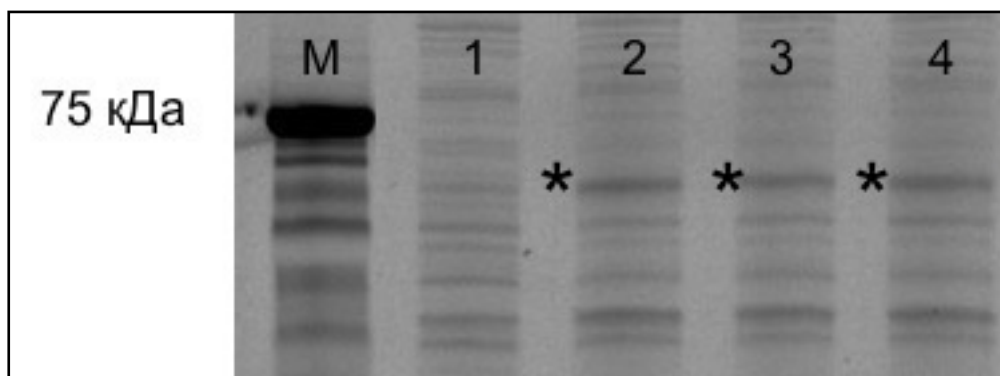


Рис. 2 – Электрофореграмма лизата клеток *E.coli* Rosetta (DE3) трансформированных плазмидой pGEX-3T/GST-ΔVP1: дорожка M – маркер молекулярных масс; дорожка 1 – лизат клеток до индукции; дорожки 2, 3, 4 – лизат клеток после индукции и 5 часов культивирования; * – зона, по электрофоретической подвижности соответствующая рекомбинантному белку GST-ΔVP1 с молекулярной массой 63.6 кДа

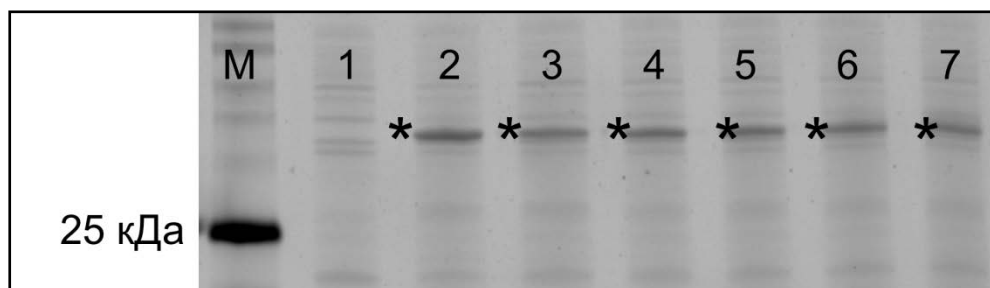


Рис. 3 – Электрофореграмма лизата клеток *E.coli* Rosetta (DE3) трансформированных плазмидой pET15b/6HIS-ΔVP1: дорожка M – маркер молекулярных масс; дорожка 1 – лизат клеток до индукции; дорожки 2, 3, 4, 5 и 6 – лизат клеток после индукции и 5 ч культивирования; * – зона, по электрофоретической подвижности соответствующая рекомбинантному белку 6HIS-ΔVP1 с молекулярной массой 41.0 кДа

В ходе исследований установили, что рекомбинантные белки накапливаются в клетках в форме телец включения (данные не представлены).

Таким образом, рекомбинантные белки в клетках штаммов-продуцентов *E. coli* Rosetta(DE3)(pGEX-3T/GST-ΔVP1) и *E. coli* Rosetta(DE3)(pET15b/6HIS-ΔVP1) накапливаются в состоянии, не обладающим нативной пространственной структурой, в функционально не активной форме. В связи с этим на следующем этапе исследования осуществили

В отличие от аффинной хроматографии на иммобилизованном глутатионе, металл-аффинная хроматография, используемая для очистки гистидин-меченых белков, позволяет проводить процесс как в нативных, так и в денатурирующих условиях, что в большинстве случаев обеспечивает решение проблем, связанных с экранированием аффинной метки. Металл-аффинную хроматографию в денатурирующих условиях использовали для очистки рекомбинантного белка 6HIS-ΔVP1 (рис. 5). Пул фракций, содержащий целевой белок, диализовали против 50 мМ натрий-фосфатного буфера, pH 7.4, содержащего 1 мМ ЭДТА и 8 М мочевины, и хранили при -20°C.

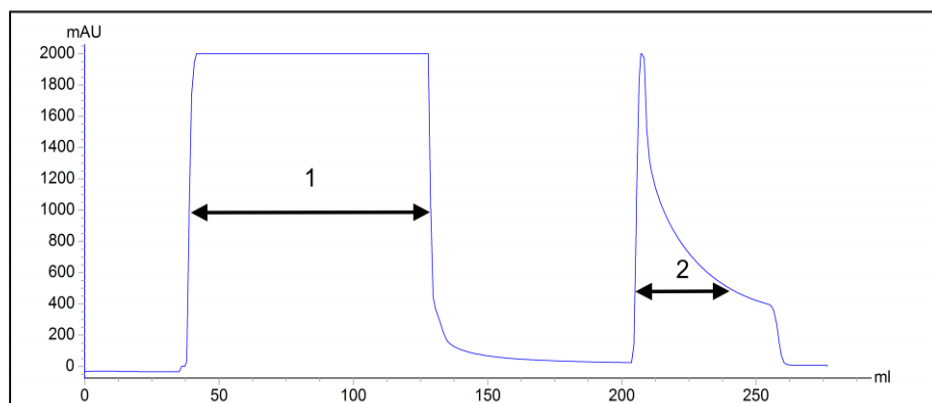


Рис. 5 – Хроматограмма очистки рекомбинантного белка 6HIS-ΔVP1 на колонке HisTrap FF Crude.

1 – фракция не связавшегося материала; 2 – фракция элюата.

Примечание: синим цветом показана оптическая плотность на длине волны 280 нм

Для изучения биологических свойств очищенного рекомбинантного белка 6HIS-ΔVP1 оптимизировали условия рефолдинга данного белка с оценкой количества растворимой формы белка. Для этого использовали буферные растворы, содержащие различные концентрации стабилизирующих агентов и неионных поверхностно активных веществ, имеющие различные значения ионной силы и pH среды. Для рефолдинга использовали 100 мкл белка в концентрации 2 мг/мл в 1.9 мл каждого из испытуемых растворов, после чего измеряли фактическую концентрацию белка методом Лоури с последующим электрофоретическим разделением белков в полиакриламидном геле по методу Лэммли и денситометрией для оценки содержания белка в растворимой форме. На рисунке 6 представлены результаты эксперимента по рефолдингу целевого белка в девяти различных буферных растворах.

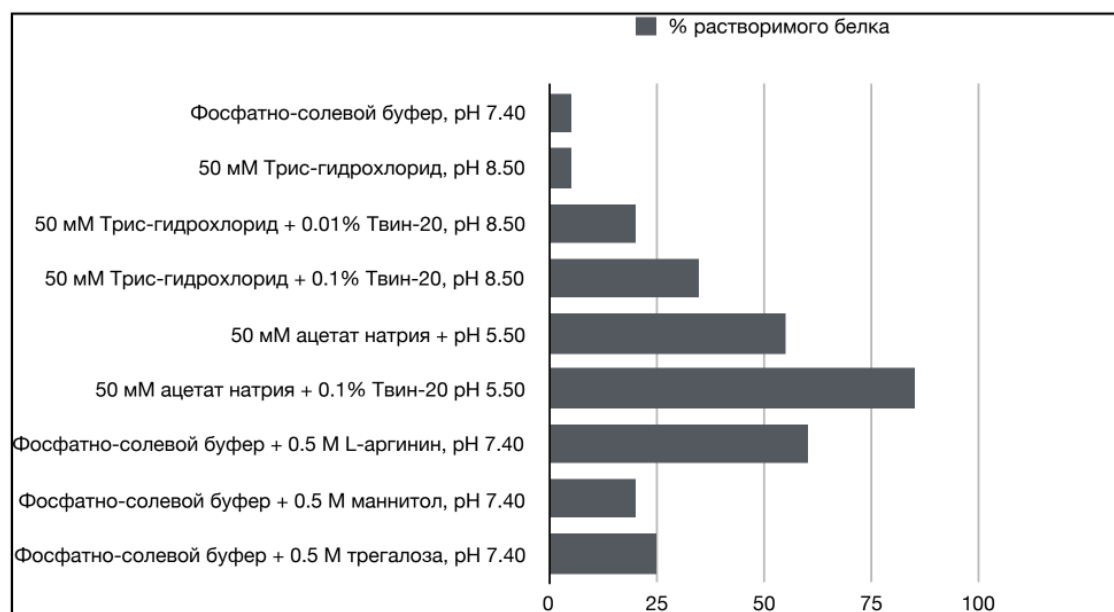


Рис. 6 – Рефолдинг рекомбинантного белка 6HIS-ΔVP1 в различных буферных системах

Наибольший выход белка 6HIS-ΔVP1 в растворимой форме получили с использованием трёх буферных систем: 50 мМ натрий-ацетатный буфер, pH 5.5, содержащий 0.1% Твин-20 (85% белка в растворимой форме); фосфатно-солевой буфер, pH 7.4, содержащий 0.5 М L-аргинин (60% белка в растворимой форме) и 50 мМ натрий-ацетатный буфер, pH 5.5 (55% белка в растворимой форме). Однако методом ИФА показали, что только в фосфатно-солевом буфере, pH 7.4, содержащем 0.5 М L-аргинин, рефолдинг рекомбинантного белка 6HIS-ΔVP1 обеспечил его специфическое взаимодействие с поликлональными антителами сывороток кур (рис. 7).

Для подтверждения специфического взаимодействия растворимой формы очищенного рекомбинантного белка 6HIS-ΔVP1 использовали положительный и отрицательный контрольные сыворотки крови из набора BioCheck CAV Antibody test kit (BioCheck, США). Рекомбинантный белок 6HIS-ΔVP1 сорбировали на 96-луночный планшет Nunc

MaxiSorp (ThermoFisher, США) в концентрации 10, 5, 2.5, 1.25, 0.625, 0.313 и 0.156 мкг/мл. Далее проводили ИФА с использованием реагентов из набора BioCheck согласно инструкции производителя. Результаты документировали при помощи планшетного фотометра Multiskan EX (Thermo Scientific, США). На рисунке 7 показана корреляция (зависимость) среднего значения оптической плотности контрольных образцов от концентрации рекомбинантного белка 6HIS-ΔVP1.

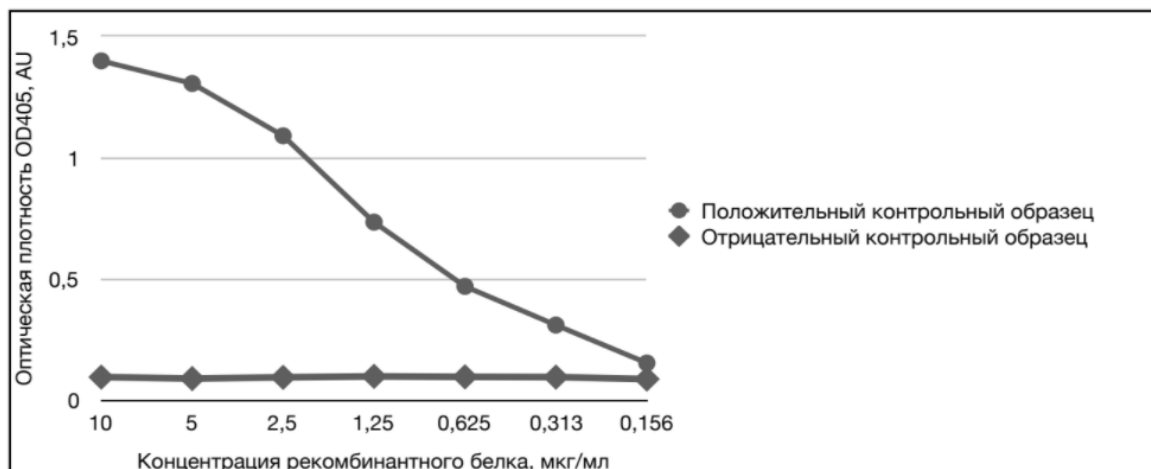


Рис. 7 – Антигенная активность растворимой формы очищенного белка 6HIS-ΔVP1: положительный контрольный образец – сыворотка крови птиц, содержащая антитела к возбудителю инфекционной анемии; отрицательный контрольный образец – сыворотка крови СПФ кур

На следующем этапе работы для определения возможности выявления антител к вирусу ИАЦ в сыворотках крови зараженных птиц использовали метод ИФА. В качестве антигена в лунки микропланшета сорбировали рекомбинантный белок 6HIS-ΔVP1. Для выявления антител использовали полевые сыворотки крови и сыворотки крови СПФ-цыплят, зараженных патогенным штаммом «ИК-4» вируса ИАЦ, а также сыворотки крови контрольной группы цыплят. Суточным СПФ-цыплятам (n=10) внутримышечно вводили 0.1 мл патогенного штамма «ИК-4» в дозе 6.4 ДНК коп/мл. Контрольной группе (n=5) вводили 0.1 мл физиологического раствора. Сыворотки крови для изучения методом ИФА получали до заражения, затем на 21, 28, 35, 42 и 48 суток после заражения. Результаты эксперимента приведены в таблице 2 и на рисунке 8 соответственно.

Таблица 2 – Результаты исследования методом ИФА сывороток крови цыплят на наличие антител к вирусу ИАЦ

Возраст (сут)	Количество проб	Титр антител				
		0	200	400-800	800-1600	3200-6400
1	61	16	10	12	18	5
21	65	18	15	20	12	0
35	94	0	16	18	34	26

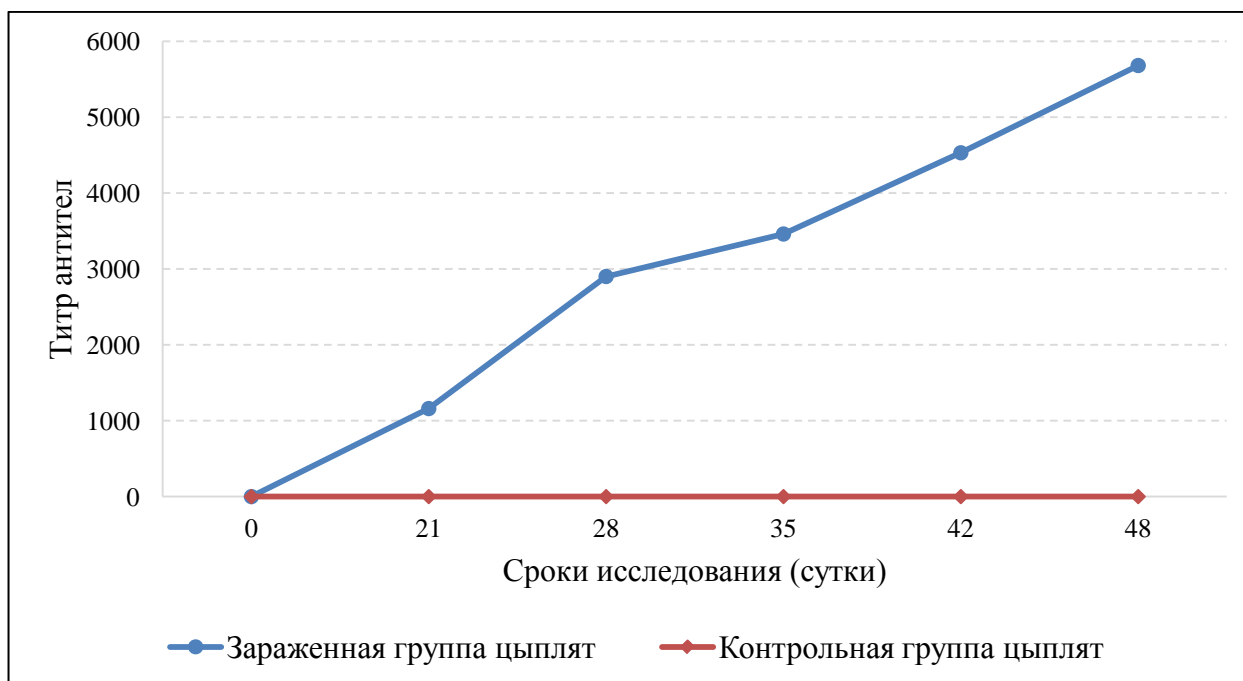


Рис. 8 – Динамика накопления антител в сыворотке крови СПФ-цыплят, зараженных штаммом «ИК-4» вируса ИАЦ

Данные, приведенные в таблице 2 и на рисунке 8, свидетельствуют о том, что рекомбинантный белок VP1 пригоден для выявления антител к вирусу ИАЦ в сыворотке крови птиц, больных ИАЦ.

Предварительно методом «шахматного» титрования определяли концентрацию рекомбинантного белка и рабочее разведение иммунопероксидазного конъюгата к IgG кур (ООО «ИМТЕК», г.Москва) путем постановки непрямого ИФА, используя двукратные последовательные разведения препаратов. За рабочее разведение каждого из компонентов принимали предельное разведение каждого, обеспечивающее ОП=1.0 ед.

Для определения пороговой чувствительности ИФА устанавливали зависимость величины ОП₄₅₀ продукта реакции от разведения положительной и отрицательной сывороток. Двукратные разведения положительной и отрицательной сыворотки начинали с разведения 1:100. Опыт проводили при оптимальной концентрации сорбированного рекомбинантного антигена. Достоверно регистрируемое различие в показаниях ОП₄₅₀ (более чем в 2 раза) наблюдали при разведении положительной и отрицательной сывороток, начиная с 1:200 и более. При разведении ниже 1:200 регистрировали неспецифическое взаимодействие, что не позволяло адекватно оценить результаты реакции.

Таким образом, были определены оптимальная концентрация рекомбинантного антигена для сорбции и разведение положительной сыворотки, которые могут быть использованы при постановке ИФА для выявления специфических антител к вирусу ИАЦ.

Специфичность метода определяли с использованием иммунных сывороток птиц к вирусам инфекционного бронхита, ньюкаслской болезни, инфекционного ларинготрахеита, аденовирусной инфекции, *Mycoplasma gallisepticum*, а также отрицательную сыворотку кур. Отсутствие положительной реакции с нормальной сывороткой и сыворотками к гетерологичным возбудителям птиц свидетельствует о специфичности рекомбинантного антигена.

Заключение

При выполнении данной работы оптимизировали метод очистки рекомбинантного белка bHIS-ΔVP1 и подобрали условия рефолдинга, обеспечивающие антигенную активность его растворимой формы. Полученный рекомбинантный белок bHIS-VP1 пригоден для выявления антител к вирусу инфекционной анемии цыплят и может рассматриваться как потенциальный компонент вакцины против данного вируса, что является предметом наших дальнейших исследований.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Алиев А.С. Патогенность изолятов вируса инфекционной анемии цыплят / Алиев А.С., Бурлаков М.В., Громов И.Н. // Ветеринария. – 2015. – No. 5. – с. 20-24.
2. Adams M. J. Ratification vote on taxonomic proposals to the International Committee on Taxonomy of Viruses / Adams M. J, E. J. Lefkowitz, A. M. Q. King and others (2016). Arch. Virol. 161:2921–2949.
3. Adair B. Immunopathogenesis of chicken anemia virus infection / Adair B. // Dev.Comp. Immunol. – 2000. – No. 24. – pp. 247–255.
4. Candiano G. Blue silver: A very sensitive colloidal Coomassie G-250 staining for proteome analysis / Candiano G., Bruschi M., Musante L. and others // Electrophoresis. – 2004. – Vol.25 – No. 9. – pp.1327-1333.
5. Ducatez M.F. Molecular epidemiology of chicken anemia virus in Nigeria / Ducatez M.F., Owoade A.A., Abiola J.O. and others // Arch. Virol. – 2006. – No. 151. – pp. 97 – 111.
6. Kumar S. MEGA7: Molecular Evolutionary Genetics Analysis version 7.0 for bigger datasets / Kumar S., Stecher G., Tamura K. // Molecular Biology and Evolution // 2016. – No. 33. – pp. 1870-1874.
7. Laemmli U. K. Cleavage of Structural Proteins during the Assembly of the Head of Bacteriophage T4 / Laemmli U. K. // Nature – 1970. Vol. 227. – pp. 680–685. doi :10.1038/227680a0.
8. Lee M.S. Production of chicken anemia virus (CAV) VP1 and VP2 protein expressed by recombinant Escherichia coli / Lee M.S., Lien Y.Y., Feng S.H. and others // Process Biochem. – 2009. – No. 44. pp. 390-395.
9. Lowry O.H. Protein Measurement with the Folling Phenol Reagent / Lowry O.H., Rosebrough N. J., Farr A. L. and others // J. Biol. Chem. – 1951. – No.193. – pp. 265–275.
10. Maniatis T. Molecular Cloning: A Laboratory Manual. / Maniatis T., Sambrook J., Fritsch E.F. // Cold Spring Harbor Laboratory Press. – 1982.
11. McNulty M.S. Chicken anemia agent in the United States: isolation of the virus and detection of antibody in broiler breeder flocks / McNulty M.S., Connor T.J., McNeilly F. and others // Avian Diseases. – 1989. – Vol. 33. – pp. 691-694.
12. McNulty M. S. Preliminary characterization of isolates of chicken anaemia agent from the United Kingdom. / McNulty M. S., Connor T. J., McNeilly F. and others // Avian Pathology. – 1990. – Vol. 19. – pp. 67-73.
13. Natesan S. Biological and molecular characterization of chicken anaemia virus isolates of Indian origin / Natesan S., Kataria J., Dhama K. and others // Virus Res. – 2006. – No. 118. – pp. 78–86.
14. Nayabian H. Molecular characterization of the chicken anaemia viruses isolated from broiler farms of west Azerbaijan, Iran / Nayabian H., Mardani K. // Avian Pathology. – 2013. – Vol. 42. – pp. 108-113.
15. Pallister R.J. Cloning and sequencing of the chicken anemia virus (CAV) ORF-3 gene, and the development of an ELISA for the detection of serum antibody to CAV / Pallister R.J., Fahey K.J., Sheppard M. // Veterinary Microbiology. – 1994. – No. 39. – pp. 167-178.
16. Pringle C.R. Virus Taxonomy at the XIth International Congress of Virology. Sydney, Australia / Pringle C.R. // Archives of Virology. – 1999. – No. 144. – pp. 2065 – 2070.
17. Renshaw R.W. A hypervariable region in VP1 of chicken infectious anemia virus mediates rate of spread and cell tropism in tissue culture / Renshaw R.W., Soine C., Weinkle T. and others // J. Virol. – 1996. – No. 70. – pp. 8872–8878.

18. Phenk K.V. Transcriptional analysis and genome expression of chicken anemia virus / Phenk K.V., Meehan B.M., Todd D. and others // *Journal of General Virology*. 1994. – No. 75. – pp. 905-909.

19. Todd D. Circoviruses: Immunosuppressive threat to avian species; a review / Todd D. // *Avian Pathology*. – 2000. – No. 29. – pp. 373 – 394.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Aliev A.S. Patogennost' izolyatov virusa infekcionnoj anemii cyplyat [Pathogenicity of chicken infectious anemia virus isolates] / Aliev A.S., Burlakov M.V., Gromov I.N. // *Veterinariya*. – 2015. – No. 5. – p. 20-24. [in Russian]

2. Adams M. J. Ratification vote on taxonomic proposals to the International Committee on Taxonomy of Viruses / Adams M. J., E. J. Lefkowitz, A. M. Q. King and others (2016). *Arch. Virol.* 161:2921–2949.

3. Adair B. Immunopathogenesis of chicken anemia virus infection / Adair B. // *Dev.Comp. Immunol.* – 2000. – No. 24. – pp. 247–255.

4. Candiano G. Blue silver: A very sensitive colloidal Coomassie G-250 staining for proteome analysis / Candiano G., Bruschi M., Musante L. and others // *Electrophoresis*. – 2004. – Vol.25 – No. 9. – pp.1327-1333.

5. Ducatez M.F. Molecular epidemiology of chicken anemia virus in Nigeria / Ducatez M.F., Owoade A.A., Abiola J.O. and others // *Arch. Virol.* – 2006. – No. 151. – pp. 97 – 111.

6. Kumar S. MEGA7: Molecular Evolutionary Genetics Analysis version 7.0 for bigger datasets / Kumar S., Stecher G., Tamura K. // *Molecular Biology and Evolution* // 2016. – No. 33. – pp. 1870-1874.

7. Laemmli U. K. Cleavage of Structural Proteins during the Assembly of the Head of Bacteriophage T4 / Laemmli U. K. // *Nature* – 1970. Vol. 227. – pp. 680–685. doi :10.1038/227680a0.

8. Lee M.S. Production of chicken anemia virus (CAV) VP1 and VP2 protein expressed by recombinant Escherichia coli / Lee M.S., Lien Y.Y., Feng S.H. and others // *Process Biochem.* – 2009. – No. 44. pp. 390-395.

9. Lowry O.H. Protein Measurement with the Folling Phenol Reagent / Lowry O.H., Rosebrough N. J., Farr A. L. and others // *J. Biol. Chem.* – 1951. – No.193. – pp. 265–275.

10. Maniatis T. Molecular Cloning: A Laboratory Manual. / Maniatis T., Sambrook J., Fritsch E.F. // Cold Spring Harbor Laboratory Press. – 1982.

11. McNulty M.S. Chicken anemia agent in the United States: isolation of the virus and detection of antibody in broiler breeder flocks / McNulty M.S., Connor T.J., McNeilly F. and others // *Avian Diseases*. – 1989. – Vol. 33. – pp. 691-694.

12. McNulty M. S. Preliminary characterization of isolates of chicken anaemia agent from the United Kingdom. / McNulty M. S., Connor T. J., McNeilly F. and others // *Avian Pathology*. – 1990. – Vol. 19. – pp. 67-73.

13. Natesan S. Biological and molecular characterization of chicken anaemia virus isolates of Indian origin / Natesan S., Kataria J., Dhama K. and others // *Virus Res.* – 2006. – No. 118. – pp. 78–86.

14. Nayabian H. Molecular characterization of the chicken anaemia viruses isolated from broiler farms of west Azerbaijan, Iran / Nayabian H., Mardani K. // *Avian Pathology*. – 2013. – Vol. 42. – pp. 108-113.

15. Pallister R.J. Cloning and sequencing of the chicken anemia virus (CAV) ORF-3 gene, and the development of an ELISA for the detection of serum antibody to CAV / Pallister R.J., Fahey K.J., Sheppard M. // *Veterinary Microbiology*. – 1994. – No. 39. – pp. 167-178.

16. Pringle C.R. Virus Taxonomy at the XIth International Congress of Virology. Sydney, Australia / Pringle C.R. // *Archives of Virology*. – 1999. – No. 144. – pp. 2065 – 2070.

17. Renshaw R.W. A hypervariable region in VP1 of chicken infectious anemia virus mediates rate of spread and cell tropism in tissue culture / Renshaw R.W., Soine C., Weinkle T. and others // *J. Virol.* – 1996. – No. 70. – pp. 8872–8878.

18. Phenk K.V. Transcriptional analysis and genome expression of chicken anemia virus / Phenk K.V., Meehan B.M., Todd D. and others // *Journal of General Virology*. 1994. – No. 75. – pp. 905-909.

19. Todd D. Circoviruses: Immunosuppressive threat to avian species; a review / Todd D. // *Avian Pathology*. – 2000. – No. 29. – pp. 373 – 394.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.83.5.012>**МНОГОМЕРНЫЙ АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА ВОДЫ ОЗЕРА ИССЫК-КУЛЬ**

Научная статья

Алияскаров М.^{1,*}, Сариева М.², Дженбаев Б.М.³, Упали С.А.⁴, Сунил Н.С.⁵¹ Юго-западный Межрегиональный отдел Департамента пастбищ, животноводства и рыбного хозяйства Министерства сельского хозяйства, пищевой промышленности и мелиорации Кыргызской Республики, Бишкек, Киргизская Республика;² ФАО-Продовольственная и сельскохозяйственная Организация Объединенных Наций, GCP/KYR/012/FIN, Бишкек, Киргизская Республика;³ Национальная академия наук Кыргызской Республики, Бишкек, Киргизская Республика;⁴ Кафедра зоологии и природопользования, Университет Келания, Келания, Шри-Ланка;⁵ Институт Аквакультуры Университета Стерлинга, Стерлинг, Объединенное Королевство

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

Аннотация

В данной статье представлены результаты исследований многомерного анализа качества воды озера Иссык-Куль, проведенных в 2014-2015 годах с использованием статистического метода MINITAB (версия 16). С развитием технологии появилась возможность определить продуктивные зоны озера Иссык-Куль по участкам. Установлено, что озеро Иссык-Куль относится к группе олигощелочных водоемов, где pH в среднем составляет 8-9. Общая минерализация воды озера составила от 3,4 до 4,3 мг/л, по классификации В.И.Вернадского доказывает, что озеро Иссык-Куль может считаться солоноватым водоемом. По классификации П.Ф.Домрачева, озеро Иссык-Куль считается теплым водоемом, где в летнее время средняя интегральная температура воды озера Иссык-Куль составляет от 17,2 до 22,1 градусов Цельсия [1]. Температура воздуха выше 15 градусов в Иссык-Кульской области держится 106-120 дней в году [2].

Ключевые слова: Иссык-Куль, анализ основных компонентов (PCA- *principal component analysis*), электропроводность, минерализация, прозрачность, хлорофилл-«а», урбанизация.

MULTIDIMENSIONAL ANALYSIS OF WATER QUALITY PARAMETERS OF ISSYK-KUL LAKE WATER

Research article

Aliyaskarov M.^{1,*}, Sariyeva M.², Dzhemberbaev B.M.³, Upali S.A.⁴, Sunil N.S.⁵¹ South-West Interregional Division of the Department of Pastures, Livestock and Fisheries of the Ministry of Agriculture, Food Industry and Melioration of the Kyrgyz Republic, Bishkek, Kyrgyz Republic;² FAO Project "Sustainable Development of Aquaculture and Fisheries in the Kyrgyz Republic", FAO-Food and Agriculture Organization of the United Nations, GCP/KYR/012/FIN, Bishkek, Kyrgyz Republic;³ National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic, Bishkek, Kyrgyz Republic;⁴ Department of Zoology & Environmental Management, University of Kelaniya, Kelaniya, Sri Lanka;⁵ Institute of Aquaculture University of Stirling, Stirling, United Kingdom

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

Abstract

This article presents the results of water quality multidimensional analysis of the water from Issyk-Kul Lake, conducted in 2014-2015 with the use of MINITAB statistical method (version 16). With the development of technology, it became possible to identify the productive zones of Issyk-Kul Lake by sites. It was found that Issyk-Kul Lake belongs to the group of oligo-alkaline reservoirs, where the average pH is 8-9. The total mineralization of water from this lake ranges from 3.4 to 4.3 mg/l, according to V.I. Vernadsky classification, it proves that Issyk-Kul Lake can be considered a saltish water basin. According to the classification of P.F. Domrachev, Issyk-Kul Lake is considered to be a warm water body, where the average integral water temperature in Issyk-Kul Lake is from 17.2 to 22.1°C in summer [1]. The air temperature above 15°C in Issyk-Kul region lasts 106-120 days a year [2].

Keywords: Issyk-Kul, PCA-principal component analysis, electrical conductivity, salinity, transparency, chlorophyll a, urbanization.

Актуальность

В современном мире увеличение роста численности населения сопровождается интенсивной урбанизацией. Данный процесс, помимо положительных сторон имеет ряд негативных последствий, таких, как изменение окружающей среды, загрязнение атмосферного воздуха, сокращение поверхностных и подземных вод, а также других, влияющих на природные ресурсы. Темпы развития инфраструктуры не успевают за темпами роста численности населения в мире [3. С.8].

Кыргызская Республика – страна, не имеющая выхода к морю, однако обладающая большим разнообразием внутренних водных ресурсов, истоки которых полностью формируются на собственной территории [4].

На территории Кыргызской Республики расположено прекрасное озеро Иссык-Куль, которое в настоящее время все больше привлекает к себе внимание, как зона рекреации. Озеро Иссык-Куль – это бессточное, высокогорное озеро тектонического происхождения [5.С. 360].

Изменение трофического состояния водоемов стало серьезной глобальной экологической проблемой всего мира. С увеличением численности населения и усилением антропогенного воздействия на водные ресурсы, трофическое состояние водных объектов ухудшается, при этом повышается продуктивность озер, и процессы эвтрофирования приобретают глобальный характер [6].

Гидрологические циклы влияют на микроклимат, усиливая эстетическую красоту ландшафта, предоставляя возможности для отдыха всему человечеству. В настоящее время с повышением продуктивности водных экосистем, преимущественно под действием антропогенных факторов, проблема изменения трофического состояния водных объектов становится актуальной [7].

С целью сохранения природного и культурного наследия, в 1998 году Правительством Кыргызской Республики было принято решение о создании в пределах административных территорий Иссык-Кульской области, биосферной зоны «Иссык-Куль». В состав Иссык-Кульской области входят 5 районов и 3 города. Все районы и города области расположены вокруг озера. Начиная с 2013 года численность постоянно проживающего населения Иссык-Кульской области увеличилась на 11,3 тысяч человек. В непосредственной близости от озера проживают 470,1 тыс. человек [8].

Озеро Иссык-Куль в период плановой экономики использовалось как основной рыбопромысловый водоем страны, на сегодняшний день больше всего используется, как объект рекреации. Из-за достаточных запасов лечебных грязей, геотермальных минеральных источников, с каждым годом увеличивается число туристов, в результате активно развивается туристический бизнес вокруг озера Иссык-Куль. Вокруг озера ускоренными темпами строятся курортно-оздоровительные комплексы, пансионаты и гостиницы.

Рост количества курортно-оздоровительных инфраструктур, в свою очередь, увеличивает антропогенную нагрузку на озеро Иссык-Куль.

Учитывая вышеизложенное, цель проведенного нами исследования на озере Иссык-Куль состояла в изучении биологических, химических и физических параметров воды озера.

Материалы и методы исследований

Для исследования были отобраны 11 участков озера Иссык-Куль и работы проводились в течение каждого сезона 2014-2015 годов.

Учитывая основные притоки рек в озеро, а также согласно характеристикам среды обитания (наличие заповедных территорий, зон рекреации) озеро Иссык-Куль условно было разделено на четыре зоны, и таким образом были определены 11 участков для отбора проб воды на анализ (рис. 1).

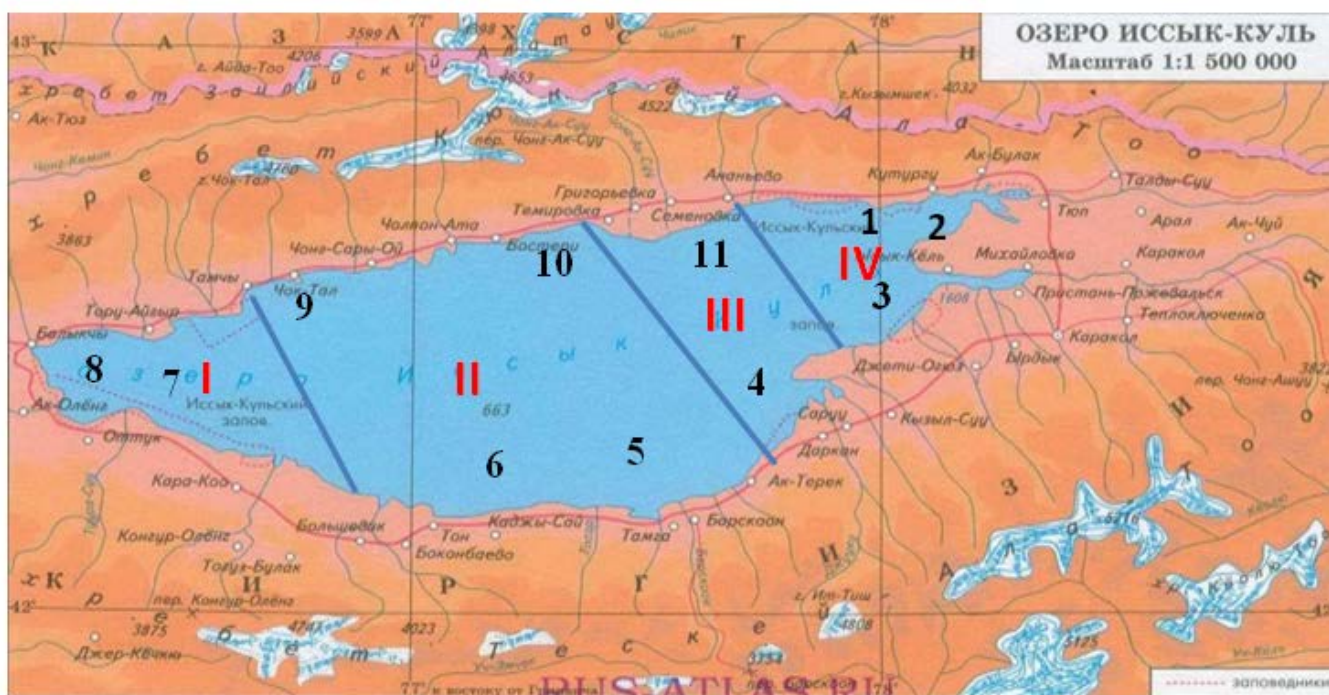


Рис. 1 – Географическая карта озера Иссык-Куль

Участки отбора проб воды по участкам: 1 – Кутургу, 2 – Михайловка, 3 – Боз-Бешик, 4 – Жениш, 5 – Тамга, 6 – Кажди-Сай, 7 – Оттук, 8 – Балыкчы, 9 – Чок-Тал, 10 – Бостери, 11 – Семеновка

Стратегия выборки включала сбор проб воды на определение физико-химических и биологических параметров озера Иссык-Куль. Анализ воды проведен по единой программе исследований с использованием общепринятых методик и правил по отбору и анализу.

Быстроменяющиеся физические и химические параметры воды измерялись непосредственно в воде на каждом отведенном участке полевыми портативными приборами, такими, как «OAKTON» DO 110, «OAKTON» PH 11, «Orion Star» A 322. Прозрачность воды определялась с использованием диска Секки.

Общий и растворенный фосфор определялся методом фотометрического определения с молибдатом аммония [9].

Хлорофилл-«а» определялся спектрофотометрическим методом в лабораторных условиях по методу Стирлинга Х.П. [10].

Анализ качества воды озера Иссык-Куль проведен с помощью многомерного анализа основных компонентов (PCA - principle component analysis).

Анализ основных компонентов (PCA) - это метод классификации для анализа большого объема полученных данных. Для выполнения PCA использовался статистический программный пакет MINITAB (версия 16).

Результаты исследований и обсуждение. В таблице 1 приведены данные о качестве воды озера Иссык-Куль, которые усреднялись по сезонам и определялись их средние значения по индивидуальным параметрам. Для того, чтобы минимизировать влияние больших значений на конечные результаты, все значения параметров качества воды были преобразованы в четвертом корне [11]. Трансформированные данные затем были подвергнуты анализу PCA.

Таблица 1 – Физико-химические и биологические параметры озера Иссык-Куль (2014-2015 г.г.)

Участок	pH	Cond (мСм/см)	DO (мг/л)	TDS (мг/л)	Sal (мг/л)	Temp (°C)	TA (мг/л)	TP (мг/л)	DP (мг/л)	No-3 (мг/л)	SDD (м)	Chl-a (мг/м ³)
Кутургу	8,8	7,1	11,1	3,4	3,8	14,4	244,7	0,02	0,014	0,135	3,3	1,2
Михайловка	8,6	7,7	11,6	3,8	4,1	13,7	252,7	0,014	0,009	0,12	2,5	0,9
Боз-Бешик	8,8	8,0	12,3	3,6	4,1	13,3	257,5	0,018	0,012	0,14	5	0,8
Жениш	8,8	7,5	11,8	4,1	4,5	14,0	258,6	0,01	0,013	0,17	3,6	0,5
Тамга	8,6	7,9	11,1	3,8	4,2	12,0	255,7	0,023	0,013	0,21	2,3	0,5
Каджы-Сай	8,3	8,6	11,8	4,2	4,7	12,8	238,6	0,03	0,010	0,195	3	0,8
Оттук	8,7	8,8	11,1	4,3	4,7	12,0	257,5	0,03	0,027	0,105	2,3	1,2
Балыкчы	8,7	8,8	10,4	4,3	4,8	13,5	252,8	0,03	0,027	0,135	3,5	0,9
Чок -Тал	8,7	8,6	10,7	4,2	4,7	14,1	257,9	0,01	0,013	0,142	3,5	0,8
Бостери	8,7	8,7	10,7	4,2	4,7	14,0	254,1	0,01	0,022	0,115	3,9	0,9
Семеновка	8,8	8,5	10,6	4,2	4,6	13,3	259,6	0,01	0,013	0,157	3,2	0,8

Примечание: pH – кислотно-щелочной баланс воды, Conductivity – электропроводность, Dissolved Oxygen – содержание растворенного кислорода, TDS – общая минерализация воды, Salinity – соленость, Temperature – температура, TA –общая щелочность, TP - общий фосфор, DP – растворенный фосфор, No-3 – нитраты, SDD – прозрачность воды по глубине диска Секки, Chl-a – хлорофилл-«a».

При анализе полученных данных выявлено, что показатели по электропроводности и солености были значительно взаимосвязаны, на озере Иссык-Куль, наблюдалось положительное соотношение между проводимостью и соленостью (рис. 2).

Таким образом, в анализе PCA электропроводность и соленость нами не рассматривалась во избежание двойного влияния двух параметров на конечные результаты.

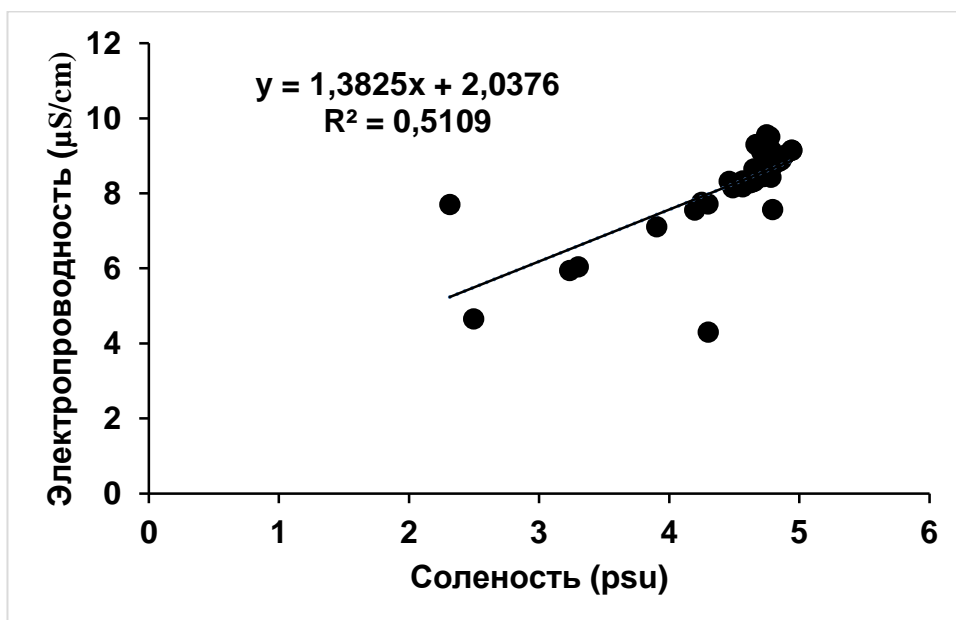


Рис. 2 – Взаимосвязь между электропроводностью и соленостью в течение всех четырех сезонов в 11 участках отбора проб на озере Иссык-Куль

Результаты PCA данных по качеству воды озера Иссык-Куль приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты PCA параметров качества воды в озере Иссык-Куль

	PC -1	PC -2	PC -3	PC -4
Собственное значение	3.382	2.817	1.9346	1.2167
Разница в процентах	0.307	0.256	0.176	0.111
Совокупная разница	0.307	0.564	0.739	0.850
Переменные				
pH	-0.003	0.515	0.148	0.323
Растворенный кислород	-0.356	-0.206	-0.019	0.017
TDS (минерализация)	0.427	-0.101	0.324	-0.311
Соленость	0.419	-0.075	0.334	-0.361
Температура	-0.197	0.390	-0.100	-0.515
Общая щелочность	0.067	0.329	0.491	0.362
Общий фосфор	0.342	-0.331	-0.236	0.051
Растворенный фосфор	0.461	0.194	-0.091	0.111
Нитраты	-0.248	-0.386	0.296	-0.014
Прозрачность воды	-0.185	0.293	0.063	-0.508
Хлорофилл-«а»	0.217	0.184	-0.595	-0.004

Примечание: в приведенной таблице, жирным шрифтом указаны значения указывающие положительную нагрузку на оси основного компонента PC, жирные курсивные значения указывают на отрицательную загрузку баллов PC

Первые четыре основных компонента (PC1, PC2, PC3 и PC4) поясняют 85% совокупной дисперсии в количестве данных. Поскольку, первые два компонента поясняют более 56% совокупной дисперсии, полученный двухмерный график PC является доказательным для того, чтобы описать характеристику участков отбора проб, имея данные о качестве воды.

Двухмерная оценка PCA показана на рис. 3. На первой оси PC положительная нагрузка была обусловлена высокой минерализацией (TDS), высокой соленостью, высоким содержанием фосфора, высоким содержанием растворенного фосфора и высоким содержанием хлорофилл-«а». Соответственно, на основе двухмерной оценки, для участков “Оттук”, “Балыкчи” и “Бостери” характерны данные, описывающие лимнологические параметры. С другой стороны, участки “Кутургу”, “Михайловка”, “Боз-Бешик” и “Жениш” на основе PC-2 были охарактеризованы высоким содержанием растворенного кислорода, высоким содержанием нитратов и высоким показателем прозрачности. Другими словами, последние участки были биологически менее продуктивными, чем те, которые были положительно нагружены на первую основную ось компонента.

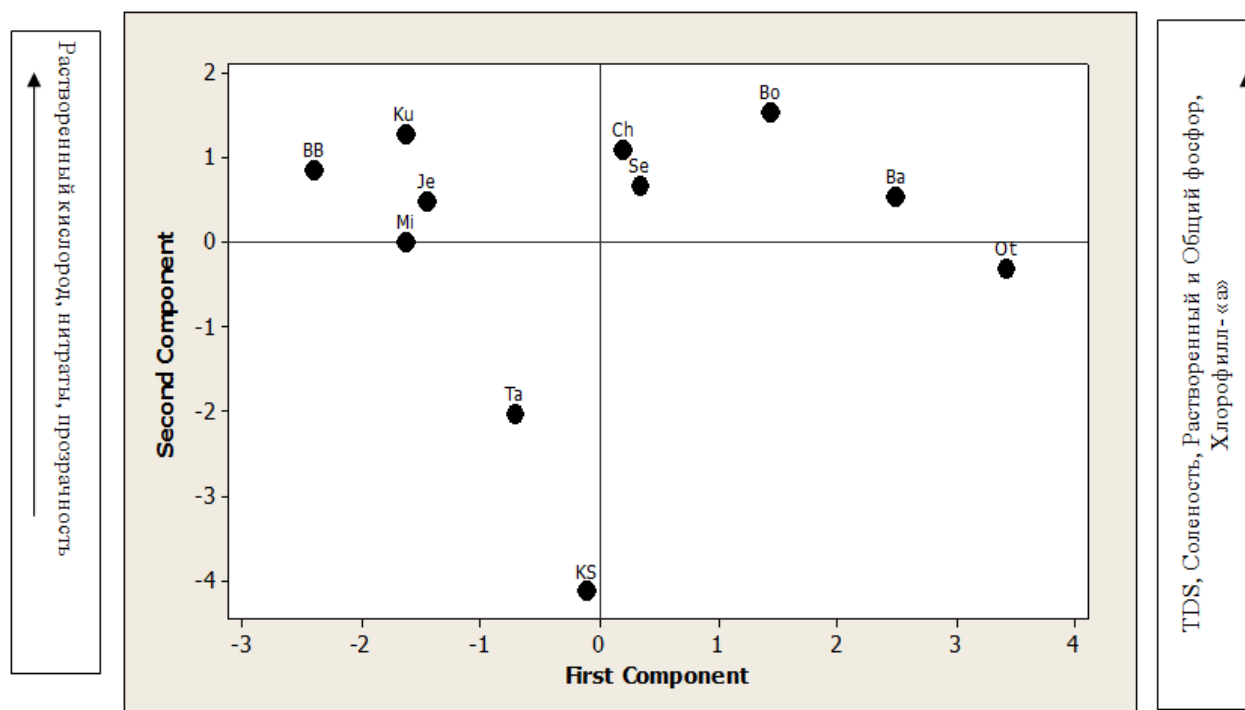


Рис. 3 – Двухмерная оценка PC на 11 участках отбора проб воды на озере Иссык-Куль по параметрам качества воды
Примечание: Ku – Кутургу, Mi – Михайловка, BB – Боз-Бешик, Je – Жениш, Ta – Тамга, KS – Каджи-Сай, Ot – Оттук, Ba – Балыкчи, Ch – Чоктал, Bo – Бостери, Se – Семёновка

Выводы

На основе многомерного анализа получена количественная оценка параметров качества воды озера, которая подтверждает некоторые изменения в лимнологических параметрах озера Иссык-Куль. В отдельных участках юго-западной зоны и в северной части (участок Бостери) присутствует фосфорная нагрузка, которая составляет около 0,033 мг/л.

Озеро Иссык-Куль, являясь большим, глубоководным водоемом, на основной части своей акватории продолжает сохранять свой олиготрофный статус. Однако в теплые сезоны года отдельные участки озера переходят в мезотрофный водоем.

Благодарности

Авторы выражают благодарность проекту Продовольственной и сельскохозяйственной Организации Объединённых Наций в Кыргызской Республике и Правительству Финляндии за финансовую поддержку в проведении исследовательских работ. Авторы выражают благодарность проекту Продовольственной и сельскохозяйственной Организации Объединённых Наций в Кыргызской Республике и Правительству Финляндии за финансовую поддержку в проведении исследовательских работ.

Конфликт интересов

Не указан.

Acknowledgement

The authors express gratitude to the project of the Food and Agriculture Organization of the United Nations in the Kyrgyz Republic and the Government of Finland for financial support in conducting research. The authors express gratitude to the project of the Food and Agriculture Organization of the United Nations in the Kyrgyz Republic and the Government of Finland for financial support in conducting research.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Китаев С.П. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов / Китаев С.П. - 2007. - 385 с
2. Рыбоводно-биологические нормы для эксплуатации прудовых хозяйств в Кыргызской Республике. 2016
3. Дмитриев В.В. Экологическое нормирование и устойчивость природных систем / Дмитриев В.В., Фрумин Г.Т. - 2004. - 294 с
4. Маматканов Д.М. Водные ресурсы Кыргызстана / Маматканов Д.М., Бажанова Л.В., Романовский В.В. Бишкек, Илим. - 2006. 265 с.
5. Березина Н., Гидробиология / Березина Н. Москва, 1963. - С. 360.
6. Алияскаров М.А. Определение трофического состояния озера Иссык-Куль / Алияскаров М.А., Сариева М., Дженбаев Б.М. // Вестник Кыргызского Национального Аграрного Университета имени К.И.Скрябина, №2 (47). Бишкек 2018. - С. 256-262.
7. Fruh E.G. Measurements of eutrophication and trends / Fruh E.G., Stewart K.M., Lee G.F. // J. Water. Poll. Contr. Fed. 1966. V. 38. P. 1237-1258.
8. Национальный статистический комитет Кыргызской Республики. Демографический ежегодник Кыргызской Республики 2012-2016 г.г. - 2017. - 433 с.
9. Руководство по химическому анализу поверхностных вод. Ленинград, Гидрометеиздат, 1977.- С.541.
10. Hadrian P.Stirling with contribution from: Malcolm C.Beveridge, Lindsay G.Ross, Michael J.Phillips, 1985. Chemical and Biological Methods of Water Analysis for Aquaculture, Institute of Aquaculture University of Stirling, Stirling FK9 4LA Scotland. P.119
11. Quinn G.P. Experimental design and data analysis for biologists / Quinn G P; Keough M J. Cambridge University Press; Cambridge, UK. 2002, 537 pp.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Kitaev S.P. Osnovy limnologii dlya gidrobiologov i ihtiolgov [Basics of limnology for hydrobiologists and ichthyologists] / S.P Kitaev // - 2007. - 385 p. [In Russian]
2. Rybovodno-biologicheskie normy dlya ekspluatatsiya prudovyh hosyaistv v Kyrgyzskoi Respublike [Fisheries and biological standards for the operation of pond farms in the Kyrgyz Republic] - 2016 [In Kyrgyzstan]
3. Dmitriev V.V. Ecologicheskoe normirovanie i ustoichivost prirodnyh sistem Dmitriev V.V. Frumin G.T. [Ecological regulation and sustainability of natural systems] - 2004. pp. 294 [In Russian]
4. Mamatkanov D.M. Vodnye resursy Kyrgyzstana [Water Resources of Kyrgyzstan] / Mamatkanov D.M., Bajanova L.V., Romanovskiy V.V. - 2006. p. 265 [In Kyrgyzstan]
5. Berosina N. Gidrobiologiya [Hydrobiology] / Berosina N. - 1963. - p. 360. [In Russian]
6. Aliiaskarov M.A. Opredelenie troficheskogo sostoianie osera Issyk-Kul [Determination of the trophic state of Lake Issyk-Kul] / Aliiaskarov M.A., Sarieva M., Dzenbaev B.M. // Vestnic Kyrgyzskogo Natcionalnogo Agrarnogo Universiteta imeni K.I.Skriabina [Bulletin of the Kyrgyz National Agrarian University named after K.I. Skriabin], № 2 (47). - 2018 pp. 256-262. [In Kyrgyzstan]
7. Fruh E.G. Measurements of eutrophication and trends / Fruh E.G., Stewart K.M., Lee G.F. and others // J. Water. Poll. Contr. Fed. 1966. V. 38. P. 1237-1258.
8. Natcionalnyi statisticheskii comitet Kyrgyzskoi Respubliki / Demograficheskii ejegodnic Kyrgyzskoi Respubliki 2012-2016 [National Statistical Committee of the Kyrgyz Republic / Demographic Yearbook of the Kyrgyz Republic - 2012-2016 - 2017. - p. 433 [In Kyrgyzstan]
9. Rucovodstvo po himicheskemu analisu poverhnostnyh vod. Leningrad, Gidrometeoizdat, [Manual on chemical analysis of surface water. In: Gidrometeoizdat, Leningrad, - 1977. pp.541. [In Russian]
10. Hadrian P.Stirling with contribution from: Malcolm C.Beveridge, Lindsay G.Ross, Michael J.Phillips, 1985. Chemical and Biological Methods of Water Analysis for Aquaculture, Institute of Aquaculture University of Stirling, Stirling FK9 4LA Scotland. P.119
11. Quinn G.P. Experimental design and data analysis for biologists / Quinn G P; Keough M J. Cambridge University Press; Cambridge, UK. 2002, 537 pp.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.83.5.013>

РИТМИЧНОСТЬ НАРАСТАНИЯ ГОДИЧНЫХ ПОБЕГОВ ИВЫ ТРЕХТЫЧИНКОВОЙ (*SALIX TRIANDRA* L.) КАК ФАКТОР ОПТИМИЗАЦИИ ПЕСТИЦИДНОЙ НАГРУЗКИ В НАСАЖДЕНИЯХ ИНТЕНСИВНОГО ТИПА

Научная статья

Афонин А.А.^{1,*}, Гостева Е.С.², Ларина Е.С.³¹ ORCID: 0000-0002-9392-2527;^{1, 2, 3} Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского. Брянск, Россия

* Корреспондирующий автор (afonin.salix[at]gmail.com)

Аннотация

Дана общая характеристика ивы трехтычинковой (*Salix triandra* L.): таксономия, цитогенетика, практическое значение как источника прута для плетения. Проанализирована возможность генетической защиты насаждений ивы трехтычинковой от патогенов и вредителей. Обоснована необходимость применения пестицидов с пролонгированным действием на прутьях плантациях интенсивного типа. Для снижения пестицидной нагрузки предложено планировать агролесотехнические мероприятия с учетом ритмов развития годичных побегов. В модельной инбредной популяции сеянцев ивы трехтычинковой третьей генерации выявлены закономерности сезонной цикличности изменения длины междоузлий с использованием амплитудно-фазового анализа. Доказано, что сезонные тренды динамики длины междоузлий зависят от индивидуальных особенностей сеянцев и обусловлены взаимодействием низших несинхронизированных гармоник с периодом колебаний 48...144 (288) сут. Цикличность сезонной динамики длины междоузлия, не зависящая от индивидуальных особенностей сеянцев, в большинстве случаев определяется, прежде всего, синхронизированными гармониками с периодом колебаний 36 сут и модулирующими гармониками с периодом колебаний 24 сут. Высшие гармоники с периодом колебаний 10...21 сут оказывают незначительное модулирующее влияние на сезонную динамику длины междоузлия. Для оптимизации пестицидной нагрузки предложено проводить трехкратную обработку насаждений с периодичностью порядка 36 сут.

Ключевые слова: *Salix triandra*, генетическая защита, пестицидная нагрузка, сезонная динамика, динамика развития.

GROWTH RHYTHMICITY OF ANNUAL TWIGS OF ALMOND-LEAVED WILLOW (*SALIX TRIANDRA* L.) AS PESTICIDE LOAD OPTIMIZATION FACTOR IN INTENSIVE TYPE PLANTING

Research article

Afonin A.A.^{1,*}, Gosteva E.S.², Larina E.S.³¹ ORCID: 0000-0002-9392-2527;^{1, 2, 3} I. Petrovsky Bryansk State University, Bryansk, Russia

* Corresponding author (afonin.salix[at]gmail.com)

Abstract

The authors present general characteristics of almond-leaved willow (*Salix triandra* L.): taxonomy, cytogenetics, practical importance as a source of twig for weaving. The authors analyzed the possibility of genetic protection of almond-leaved willow twigs from pathogens and pests in the paper. The necessity of the use of pesticides with a prolonged effect on the twig plantations of the intensive type has been substantiated. In order to reduce the pesticide load, they proposed to plan agroforestry measures which take into account the rhythms of development of annual twigs. In the model inbred population of almond-leaved willow seedlings of the third generation, the patterns of seasonal cyclicity of changes in the length of internodes were revealed with the use of amplitude-phase analysis. It is proved that seasonal trends in the dynamics of the length of internodes depend on the individual characteristics of seedlings and are due to the interaction of the lower unsynchronized harmonics with the oscillation period of 48...144 (288) days. The cyclical nature of the seasonal dynamics of the length of the internode, which does not depend on the individual characteristics of seedlings, in most cases is determined primarily by synchronized harmonics with a period of oscillations of 36 days and modulating harmonics with a period of oscillations of 24 days. Higher harmonics with a period of oscillations of 10...21 days have a slight modulating effect on the seasonal dynamics of the length of the internode. To optimize the pesticide load, they proposed to carry out triple treatment of plantations with a frequency of about 36 days.

Keywords: *Salix triandra*, genetic protection, pesticidal load, seasonal dynamics, development dynamics.

Ива трехтычинковая – *Salix triandra* L. 1753 (*S. amygdalina* L. 1753) – широко известный представитель ив Восточной Европы [1, С. 107], включая среднюю полосу России [2, С. 167]. Биология рассматриваемого вида достаточно хорошо изучена. В системе рода *Salix* L. 1753 ива трехтычинковая – типовой вид секции *Amygdalinae* Koch 1837 подрода *Salix* (= *Amerina*, = *Armena*) Dum. 1825 [1, С. 103, 104]. Данные молекулярной филогенетики свидетельствуют об особом таксономическом статусе этого вида [3, С. 947]. С цитогенетической точки зрения, *S. triandra* – диплоид ($2n = 2x$ при $x = 19, 22$) [4, С. 364], однако в некоторых выборках обнаруживаются триплоиды и тетраплоиды [5, С. 271], [6, С. 622], [7, С. 56]. Столь высокие хромосомные числа указывают на возможность гибридного генезиса цитогеномов современных видов *Salix* [5, С. 282]. Возможность аллополиплоидного происхождения *S. triandra* была подтверждена нами ранее [8, С. 33].

С практической точки зрения, ива трехтычинковая – источник древесной биомассы для нужд биоэнергетики [9, С. 102] и может использоваться для создания энергетических плантаций [10, С. 43], [11, С. 158]. Однако, в первую

очередь, ива трехтычинковая – источник высококачественного прута, пригодного для плетения разнообразных изделий [12, С. 8]. Один из основателей отечественной школы саликологов Э.Э. Керн указывал, что «*S. amygdalina* дает как зеленый, так и белый, как толстый, так равно и тонкий прут, пригодный и для грубых и для тонких изделий; легко расщепляется и выстругивается в ленты; древесина ее отличается особенно вязкостью и белизною» [13, С. 9,10]. В настоящее время известно около 70 культиваров ивы трехтычинковой, предназначенных для выращивания на прутьяных плантациях [14, С. 145].

Благодаря исключительной неприхотливости ивы трехтычинковой экстенсивные плантации на основе этого вида могут закладываться на бедных почвах, малопригодных для выращивания большинства сельскохозяйственных культур [12, С. 8], [15, С. 1], [16, С. 324]. Для повышения продуктивности плантаций и получения высококачественного прута необходимо обеспечить защиту растений от патогенов и вредителей [17, С. 57]. Значительный ущерб ивовым плантациям наносят грибы *Melampsora* spp., вызывающие ржавчину листьев [18, С. 915]. Генетическая резистентность ив к этому патогену может быть обеспечена селекцией, нацеленной на усиление экспрессии соответствующих генов [19, С. 321]. Листья ив поражаются также различными фитофагами, например, листоедами *Phratora (Phyllodecta) vulgatissima* [20, С. 289]. Генетическая защита от этого дефолирующего вредителя основана на использовании гибридных клонов, в листьях которых повышено содержание фенолов [21, С. 516]. Продуктивность ивовых плантаций снижается и при воздействии других вредителей: тлей, клещей и т.п. Для снижения ущерба от них также разрабатывается генетическая защита, основанная на использовании гибридов [22, С. 619]. Однако качество прута снижается, в первую очередь, при поражении побегов скрытыми вредителями – побеговыми галлицами рода *Dasineura* (= *Rhabdophaga*), в частности, *D. marginemtorquens*, *D. auritae*, *D. ingeris*, *D. rosaria* [23, С. 163].

Таким образом, создание генетической защиты [24, С. 13], основанной на создании коллекций резистентных культиваров ив (включая гибридные клоны), представляет собой перспективное направление селекции, позволяющее в будущем снизить ущерб от патогенов и вредителей на ивовых плантациях. Однако в настоящее время реальным способом борьбы с патогенами и вредителями является использование пестицидов – химических средств защиты растений [25, С. 248], [26, С. 96]. Современный ассортимент пестицидов достаточно обширен [27, С. 938], что дает возможность выбрать препараты, наиболее пригодные для использования на ивовых плантациях. На наш взгляд [28, С. 3], надежную защиту от стеблевых вредителей создают инсектициды с глубинным, трансламинарным и системным эффектом и препаративные формы традиционных пестицидов с пролонгированным действием [29, С. 53]:

Для того чтобы оптимизировать пестицидную нагрузку на агробиоценозы и при этом обеспечить надежную защиту интенсивных ивовых плантаций от стеблевых и иных вредителей (патогенов), необходимо разработать режимы обработки насаждений различного рода химическими средствами защиты растений [28, С. 3] с учетом ритмов нарастания годичных побегов. Необходимость изучения сезонных ритмов развития древесных растений с целью создания научно обоснованных календарных планов проведения агролесотехнических мероприятий была обоснована еще в работах Н.П. Кренке [30, С. 42]. Однако к текущему моменту сезонная динамика развития побегов ивы трехтычинковой изучена недостаточно, что затрудняет проведение таких исследований.

Цель данного исследования: выявить основные закономерности сезонной динамики нарастания побегов в модельной инбредной популяции ивы трехтычинковой.

Материал и методы

Объект исследования: модельная инбредная популяция ивы трехтычинковой, созданная путем семенной репродукции на протяжении трех поколений (в течение 2000...2017 гг.). История создания и условия культивирования данной семьи описана ранее [31, С. 22]. По состоянию на 2018 г. в состав модельной популяции входило 24 высокопродуктивных сеянца второго года жизни: *tr* 04... *tr* 24. Не исключено, что изучаемые сеянцы – F_3 – имеют апомиктическое происхождение: ранее [32, С. 7] нами была обоснована гипотеза о возможности гаметофитного апомиксиса у ивы трехтычинковой в виде редуцированного партеногенеза с гаплоидностью зародышей и последующей спонтанной соматической диплоидизацией. В данном исследовании для получения материала использовались наиболее сильные сеянцы, у которых сохранялся непрерывный рост побегов без заметных повреждений. Все сеянцы формировались в один побег.

Наблюдения за линейным приростом однолетних побегов проводились на протяжении периода вегетации 2018 г. (формат даты наблюдения – день.месяц). За первый день вегетации была принята дата устойчивого перехода среднесуточных температур через 10°C (30.4), за последний день – отмирание верхушечной почки (18.7–19.8). Начиная с 07.05.2018 (при достижении побегами длины 80...200 мм), каждые четверо суток производили замеры длины побегов L (точность измерений ± 10 мм). Каждому очередному наблюдению i был присвоен порядковый номер k (1, 2, 3... k_i). Все даты наблюдений (при стартовой дате 30.4), были пронумерованы по порядку: 12 (11.5), 16 (15.5), 20 (19.5)... t_i .

Для дальнейшего изучения были использованы срезанные вызревшие побеги. На каждом побеге были отмечены точки, соответствующие длине побегов (L , мм) для каждой даты наблюдений t_i , начиная с 07.05. Затем на каждом побеге для каждого междоузлия с порядковым номером n производили измерение его длины I , мм. Далее для каждого побега (каждого сеянца) вычисляли среднюю длину междоузлий по формуле:

$$I_{am} = \sum_{j=1}^{t=N} I_j \quad (1)$$

где I_{am} – средняя арифметическая (arithmetic mean) длина междоузлий (мм) на побеге данного сеянца, I_j – длина междоузлия I (мм) с порядковым номером j , N – число междоузлий на побеге.

На каждом побеге для каждой расчетной даты наблюдений t_k были вычислены средние значения длины

междоузлий $I(t_k)$, сформировавшихся в интервале $t_{k-1} \dots t_{k+1}$, по формуле:

$$I(t_k) = \sum_{k=1}^{k+1} I_n / n \quad (2)$$

где $I(t_k)$ – средняя арифметическая длина междоузлий (мм) для порядкового номера наблюдений k в интервале от предыдущей пронумерованной даты (t_{k-1}) до последующей пронумерованной даты (t_{k+1}); $\sum_{k=1}^{k+1} I_n$ – сумма длин междоузлий (мм) в интервале $t_{k-1} \dots t_{k+1}$; n – число междоузлий в интервале $t_{k-1} \dots t_{k+1}$; временной интервал $t_{k-1} \dots t_{k+1}$, для которого рассчитывалась средняя длина междоузлий, составил 9 сут.

В итоге для каждого сеянца были вычислены выровненные эмпирические ряды динамики среднесуточной длины междоузлий $I(t)$ в период с 11.5 ($t = 12$) по 15.8 ($t = 108$). Далее на основании рядов $I(t)$, вычисленных для каждого побега, вычисляли эмпирические ряды динамики отклонений фактических значений длины междоузлий от средней арифметической длины междоузлий (3):

$$dI(t) = I(t) - I_{am} \quad (3)$$

где $dI(t)$ – отклонение $I(t)$ от I_{am} , $I(t)$ – фактический показатель $I(t_k)$, I_{am} – средняя арифметическая длина междоузлий; единицы измерения, мм.

На основании эмпирических рядов $dI(t)$ вычисляли средний (агрегированный) ряд для всей выборки. Эмпирические ряды динамики $dI(t)$ каждого побега были аппроксимированы суммами гармоник h с порядковым номером v (4):

$$dI(t)_{calc} = \sum_{v=1}^{\infty} \left(A_v \sin(v2\pi \frac{t}{T} + \varphi_v) + \varepsilon_v \right) \quad (4)$$

где $dI(t)_{calc}$ – ожидаемое отклонение фактических значений длины междоузлий от средней арифметической длины междоузлия, v – порядковый номер гармоники; A_v – амплитуда колебания; π – число «пи»; t – пронумерованные даты наблюдений; T – главный период колебаний, φ_v – начальная фаза колебаний в интервале $0 \dots 2\pi$ (в дальнейшем преобразованная в $\sin \varphi$), ε_v – остаточное смещение колебания по амплитуде (обусловленное ошибкой определения главного периода колебаний); период колебания каждой гармоники равен $\tau = T/v$.

Подробное описание изложенного алгоритма гармонического анализа дано в наших предыдущих работах [31, С. 22]. Достоверность аппроксимации эмпирических рядов каждой гармоникой оценивали с помощью F -критерия Фишера. Достоверность аппроксимации эмпирических рядов суммой гармоник определяли, сравнивая расчетные (calc) и критические (crit) значения F -критерия. Адекватность аппроксимации эмпирических рядов суммами гармоник оценивали с помощью коэффициента детерминации R^2 . На основании амплитудно-частотных и фазово-частотных характеристик сезонной динамики отклонений фактических значений длины междоузлий от средней арифметической длины – $A(v)$ и $\sin \varphi(n)$ – были выявлены основные биоритмы, определяющие цикличность сезонной динамики длины междоузлий.

Результаты и обсуждение

В течение периода вегетации велись наблюдения за нарастанием побегов наиболее сильных сеянцев: $tr 01 \dots tr 24$. Для окончательного анализа было отобрано 9 сеянцев ($tr 04$, $tr 05$, $tr 09$, $tr 13$, $tr 15$, $tr 17$, $tr 19$, $tr 21$, $tr 23$), на которых длина однолетних побегов к моменту завершения роста составила 184...214 см.

Эмпирические ряды сезонной динамики отклонений фактических значений длины междоузлий от средней арифметической длины – $dI(t)$, мм – представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Фактическая сезонная динамика отклонений фактических значений длины междоузлий от средней арифметической длины

Дата, д.м.	День, t	Номера сеянцев									Средний ряд
		04	05	09	13	15	17	19	21	23	
11.5	12	-3,86	1,99	-4,12	-4,11	-6,01	3,73	-3,77	0,97	-1,57	-1,86
15.5	16	2,25	7,65	0,39	-1,37	-2,14	4,82	-1,89	3,47	2,82	1,78
19.5	20	2,18	7,65	0,27	0,15	1,06	2,39	-2,34	2,75	1,53	1,74
23.5	24	6,24	7,73	2,27	2,29	0,72	1,89	-1,05	1,32	1,10	2,50
27.5	28	7,93	4,78	3,61	2,34	-0,01	2,64	0,73	0,97	1,82	2,76
31.5	32	3,91	2,35	0,71	0,82	0,36	1,27	1,73	-3,35	0,63	0,94
4.6	36	-0,59	-0,73	-2,00	-0,40	0,20	-0,16	0,23	-6,03	-1,77	-1,25
8.6	40	-2,76	-2,22	-3,61	-0,66	1,49	-1,81	-0,39	-3,53	-1,04	-1,61
12.6	44	-1,62	-2,56	-3,23	-1,23	1,49	-2,01	-0,19	-0,53	0,39	-1,05
16.6	48	0,43	-1,85	-2,89	-0,39	2,64	-1,46	0,63	0,32	0,78	-0,20
20.6	52	1,81	-2,62	-1,79	0,49	2,68	0,39	1,90	1,22	1,87	0,66
24.6	56	2,51	-3,06	-1,79	0,87	3,20	1,17	2,78	0,91	1,43	0,89
28.6	60	2,26	-4,10	-0,89	1,49	3,42	2,96	3,93	1,47	0,53	1,23
2.7	64	0,58	-3,47	0,11	2,93	3,24	1,89	4,43	3,34	1,23	1,59
6.7	68	-0,75	-0,25	0,25	2,61	3,74	-0,48	2,23	3,30	1,91	1,40
10.7	72	-2,32	-1,85	0,25	0,24	2,01	-1,32	0,61	3,47	-0,59	0,06
14.7	76	-4,52	-2,35	-2,39	-1,06	-0,44	-2,72	-1,35	2,32	-4,47	-1,89
18.7	80	-5,30	-2,35	-1,27	-1,64	-1,24	-3,50	-1,95	1,32	-6,61	-2,50
22.7	84	-4,59	-1,85	2,96	-1,71	-1,76	-5,94	-1,52	-2,66	–	-2,13
26.7	88	-3,79	-2,75	4,68	-1,51	-2,26	-5,61	-2,31	-5,09	–	-2,33
30.7	92	–	-0,18	5,00	-1,76	-3,74	-1,44	-1,22	-5,96	–	-1,33
3.8	96	–	–	3,86	1,63	-4,36	1,89	0,33	–	–	0,67
7.8	100	–	–	-0,36	1,49	-4,32	1,39	0,78	–	–	-0,20
11.8	104	–	–	–	0,63	–	–	0,82	–	–	0,72
15.8	108	–	–	–	-2,16	–	–	-3,19	–	–	-2,67

Сравнительный анализ эмпирических рядов $dI(t)$ показал, что с середины мая до середины августа отчетливо выделяется три периода роста с максимальной длиной междоузлий: весенний (15.5...31.5), среднелетний (20.6...10.7) и позднелетний (30.7...11.8). Средний интервал между максимумами составил 36 сут. Выявленные максимумы длины междоузлий разделены двумя минимумами: раннеиюньским (4.6...8.6: исключение побег сеянца tr 05) и позднейюльским (18.7...26.7). Интервал между минимумами составил 48 сут.

Эмпирические ряды $dI(t)$ с высокой надежностью аппроксимируются суммами гармоник $h_{0,5} \dots h_{14}$ при $T = 144$ сут. Расчетные значения критерия Фишера (F_{calc}) составили $F_{\text{calc}} = 26,24 \dots 89,86$ при $F_{\text{crit}} = 3,92$ ($P < 0,001$); при этом значения коэффициентов детерминации составили $R^2 = 0,962 \dots 0,989$.

Амплитудно-частотные характеристики рядов $dI(t)$ приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Амплитудно-частотные характеристики сезонной динамики отклонений фактических значений длины междоузлий от средней арифметической длины

Период, τ	Номер, ν	Номера сеянцев									$A_{\text{ср}}$
		04	05	09	13	15	17	19	21	23	
288,0	0,5	1,4	–	–	–	–	0,7	–	–	–	0,23
144,0	1	3,2	4	2	1	0,7	2,2	1,8	1	–	1,77
72,0	2	0,5	2	0,3	0,2	2,8	0,4	1	0,5	1,2	0,99
48,0	3	–	–	1,8	–	1,6	2,4	0,5	3,6	–	1,10
36,0	4	3,4	1,4	2	2	–	1,4	1,8	–	2,4	1,62
28,8	5	0,5	0,5	0,9	0,2	0,9	0,2	–	1,8	–	0,56
24,0	6	1,4	1,4	0,8	0,5	0,8	–	–	–	1,4	0,70
20,6	7	0,4	0,6	0,9	0,5	0,3	0,8	0,4	–	0,2	0,46
18,0	8	0,5	0,5	–	–	0,4	–	0,6	0,8	1,4	0,47
16,0	9	–	0,5	–	0,4	0,6	0,7	–	–	0,7	0,32
14,4	10	0,6	–	–	0,3	–	0,2	0,2	0,3	0,2	0,20
13,1	11	–	0,5	0,6	–	0,3	–	–	–	0,5	0,21
12,0	12	–	–	0,6	0,2	–	–	–	0,5	0,3	0,18
11,1	13	–	–	–	–	0,3	–	–	–	–	0,03
10,3	14	–	–	–	–	–	–	0,2	0,3	–	0,06

Примечание. τ – расчетные периоды колебаний гармоник, ν – номера гармоник; в ячейках указаны значения коэффициентов A_{ν} уравнений синусоид гармоник $h_{0,5... h_{14}}$ для каждого побега и средние арифметические значения $A_{\text{ср}}$.

Для выявления синхронности колебаний в гармониках различного порядка были использованы фазово-частотные характеристики рядов $dI(t)$ (табл. 3).

Таблица 3 – Фазово-частотные характеристики сезонной динамики отклонений фактических значений длины междоузлий от средней арифметической длины

Номер, ν	Номера сеянцев									$\sin \varphi_{\text{ср}}$
	04	05	09	13	15	17	19	21	23	
0,5	-0,88	–	–	–	–	-0,96	–	–	–	-0,20
1	0,56	0,99	0,14	-0,63	-0,28	0,84	-0,77	-1,00	–	-0,02
2	-0,95	0,39	-0,63	0,52	0,14	-0,28	0,14	-0,44	-0,76	-0,21
3	–	–	-0,44	–	-0,99	0,00	0,99	-0,63	–	-0,12
4	-0,26	-0,26	-0,44	0,14	–	0,33	0,14	–	-0,61	-0,11
5	0,81	-0,06	0,97	0,33	0,91	–	0,84	-0,44	–	0,37
6	0,72	1,00	0,33	0,99	0,68	–	–	–	0,52	0,47
7	0,97	0,91	-0,77	0,93	0,56	-0,44	0,14	–	-0,95	0,15
8	-0,44	0,52	–	–	0,20	–	-0,61	-0,95	0,52	-0,09
9	–	0,56	–	0,56	0,00	0,81	–	–	-0,26	0,19
10	0,84	–	–	0,68	–	-0,44	0,39	1,00	0,72	0,35
11	–	0,00	0,00	–	-0,96	–	–	–	0,20	-0,08
12	–	–	0,56	-0,46	–	–	–	-0,96	0,00	-0,10
13	–	–	–	–	-1,00	–	–	–	–	-0,11
14	–	–	–	–	–	–	0,84	0,68	–	0,17

Примечание. ν – номера гармоник; в ячейках указаны значения синусов начальных фаз колебаний φ_{ν} уравнений синусоид гармоник $h_{0,5... h_{14}}$ для каждого побега и средние арифметические значения $\sin \varphi_{\text{ср}}$.

Сравнительный анализ амплитудно-частотных спектров показал, что по значениям коэффициентов A в ряду $h_{0,5}...h_{14}$ выделяется три группы гармоник: низшие, средние и высшие. Первые гармоники ($\tau_1 = 144$ сут) определяют сезонный тренд динамики длины междоузлий. Вторая ($\tau_2 = 72$ сут) и третья ($\tau_3 = 48$ сут) гармоники, а также дробные гармоники ($\tau_{0,5} = 288$ сут) оказывают на сезонный тренд модулирующее влияние. Четвертые гармоники ($\tau_4 = 32$ сут) на побегах большинства сеянцев (кроме $tr\ 15$ и $tr\ 21$) определяют пиковые значения всех трех максимумов I (весеннего 23.5, среднелетнего 28.6 и позднелетнего 7.7) и двух минимумов I (июньского 12.6 и июльского 18.7). Шестые гармоники ($\tau_6 = 24$ сут) оказывают существенное модулирующее влияние на сезонную динамику длины междоузлий на побегах большинства сеянцев (кроме $tr\ 17$, $tr\ 19$ и $tr\ 21$). Результирующие колебания высших гармоник ($\tau \approx 10...21$ сут) образуют квазициклические ряды с эмпирическими периодами колебаний 12...28 сут.

Сравнительный анализ фазово-частотных спектров показал, что низшие ($h_{0,5}...h_3$) и высшие ($h_7...h_{14}$) гармоники разных сеянцев не синхронизированы. Начальные фазы колебаний средних ($h_4...h_6$) гармоник образуют компактные множества, что указывает на их определенную синхронизацию.

Сравнительный анализ амплитудно-частотных и фазово-частотных спектров показал, что в большинстве случаев закономерности сезонной динамики длины междоузлий, общие для изучаемой модельной популяции, определяются взаимодействием высокоамплитудных четвертых и низкоамплитудных шестых гармоник.

Квазипериодический результирующий ряд $dI(t)$, полученный путем суммирования четвертых и шестых гармоник (кроме сеянца $tr\ 21$), и фактический (actual) агрегированный ряд динамики $dI(t)$ показаны на рисунке 1.

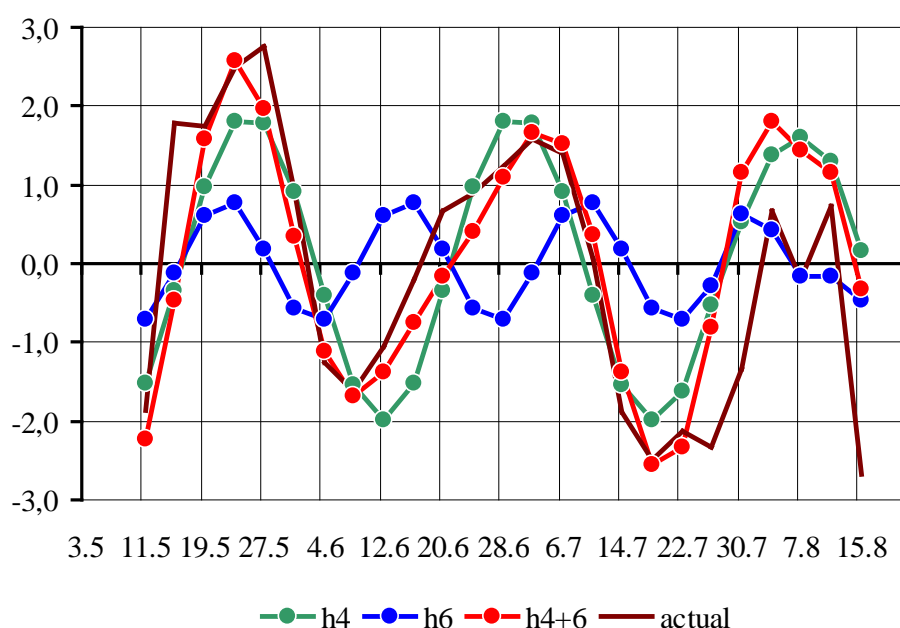


Рис. 1 – Общие компоненты сезонной динамики длины междоузлий, обусловленные взаимодействием четвертой и шестой гармоник

Примечание: по оси абсцисс даты вегетационного периода 2018 г., по оси ординат отклонения фактических значений длины междоузлий от средней арифметической длины $dI(t)$, мм. В легенде указаны ряды гармоник h_4 и h_6 , результирующее колебание h_4+h_6 и фактическая (actual) агрегированная динамика $dI(t)$.

Побег сеянца $tr\ 21$ представляет собой исключение: максимумы сезонной динамики длины междоузлий определяются пятой гармоникой ($\tau \approx 29$ сут).

Выводы

Закономерности сезонной динамики длины междоузлия ивы трехтычинковой, установленные в данном исследовании, согласуются с теоретическими положениями современной биоритмологии [33, С. 104].

1. Сезонная динамика длины междоузлия носит циклический характер. Эмпирические ряды сезонной динамики длины междоузлия представляют собой квазипериодические колебания. На протяжении периода вегетации в популяционной выборке выявлено три максимума, разделенных двумя минимумами.

2. Сезонные тренды динамики длины междоузлий зависят от индивидуальных особенностей сеянцев и обусловлены взаимодействием низших несинхронизированных гармоник: первых ($\tau = 144$ сут), вторых ($\tau = 72$ сут) и третьих ($\tau = 48$ сут).

3. Цикличность сезонной динамики длины междоузлия, не зависящая от индивидуальных особенностей сеянцев, в большинстве случаев определяется четвертыми гармониками ($\tau = 36$ сут). Шестые гармоники ($\tau = 24$ сут) оказывают модулирующее влияние на цикличность сезонной динамики длины междоузлия.

4. Высшие низкоамплитудные гармоники ($\tau = 10...21$ сут) в сумме образуют квазициклические ряды, конфигурация которых зависит от индивидуальных особенностей сеянцев. В популяционной выборке высшие гармоники оказывают незначительное модулирующее влияние на сезонную динамику длины междоузлия.

5. При планировании мероприятий по использованию химических средств защиты плантаций ивы трехтычинковой от вредителей и патогенов рекомендуется учитывать, прежде всего, ритмы развития побегов с периодичностью колебаний порядка 36 сут. Трехкратная обработка насаждений различного рода химическими

средствами защиты растений позволит оптимизировать пестицидную нагрузку в насаждениях ивы трехтычинковой интенсивного типа.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Skvortsov A.K. Willows of Russia and adjacent countries. Taxonomical and geographical revision / A.K. Skvortsov – Joensuu: University of Joensuu, 1999. – 307 p.
2. Валягина-Малютина Е.Т. Ивы европейской части России / Е.Т. Валягина-Малютина. – М.: КМК, 2004. – 217 с.
3. Баркалов В.Ю. Филогенетические отношения видов *Salix* L. subg. *Salix* (Salicaceae) по данным секвенирования межгенных спейсеров хлоропластного генома и ITS ядерной рибосомальной ДНК / В.Ю. Баркалов, М.М. Козыренко // Генетика. – 2014. – Т. 50. – № 8. – С. 940–949.
4. Blackburn K. A preliminary account of the chromosomes and chromosome behavior in the Salicaceae / K. Blackburn, J. Harrison // Ann. Bot. – 1924. – 38. – P. 361–378.
5. Wilkinsson J. The cytology of *Salix* in relation to its taxonomy / J. Wilkinsson // Ann. Bot. NS. – 1944. – P. 269–283.
6. Neumann A. Cytotaxonomischer Beitrag zur Gattung *Salix* / A. Neumann, A. Polatschek // Ann. Naturhistor. Mus. – 1972. – 76. – S. 619–633.
7. Hörandl E. Die Gattung *Salix* in Österreich mit Berücksichtigung angrenzender Gebiete / E. Hörandl // Abh. der Zool.-Bot. Ges. – 1992. – 27. – 170 S.
8. Афонин А.А. Изменчивость длины пыльцевых зерен аборигенных видов ив Брянского лесного массива / А.А. Афонин // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2006. – № 5. – С. 25–34.
9. Цыганов А.Р. Биоэнергетика: энергетические возможности биомассы / А.Р. Цыганов, А.В. Клочков. – Минск: Беларус. навука, 2012. – 143 с.
10. Фучило Я.Д. Створення та вирощування енергетичних плантацій верб і тополь: Науково-методичні рекомендації / Я.Д. Фучило, М.В. Сбитна, О.Я. Фучило, В.М. Літвін. – К.: Логос, 2009. – 80 с.
11. Karp A. Genetic improvement of willow for bioenergy and biofuels / A. Karp, S.J. Hanley, S.O. Trybush [et al.] // Journal of integrative plant biology. – 2011. – 53(2). – P. 151–165. – DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7909.2010.01015.x>
12. Гомилевский В.И. Культура ивы и корзиночное производство / В.И. Гомилевский. – СПб.: Книгоизд-во П.П. Сойкина, 1907. – 41 с.
13. Керн Э.Э. Ива, ее значение, разведение и употребление / Э.Э. Керн. – 4-е изд., вновь перераб. – Петроград: Тип. Мин-ва Путей Сообщения (Тов-ва И.Н. Кушнерев и К°), 1915. – 134 с.
14. Kuzovkina Y.A. Checklist for Cultivars of *Salix* L. (Willow) / Y.A. Kuzovkina // International *Salix* Cultivar Registration Authority. – 2015. – 50. – P. 163.
15. Mikó P. Biomass production of energy willow under unfavourable field conditions / P. Mikó, G.P. Kovács, L. Alexa [et al.] // Applied Ecology and Environmental Research. – 2014. – 12(1). – P. 1–12.
16. Фучило Я.Д. Рост и продуктивность некоторых сортов энергетической ивы в зависимости от степени увлажненности почвы / Я.Д. Фучило, М.В. Сбитна, Б.В. Зелинский // Plant Varieties Studying and Protection. – 2018. – 14(3). – С. 323–327.
17. Афонин А.А. Ивы Брянского лесного массива: проблема повышения продуктивности и устойчивости насаждений и пути ее решения / А.А. Афонин. – Брянский гос. ун-т, 2005. – 172 с. – Деп. в ВИНТИ 15.09.05, № 1227–В2005. – Библиогр. указатель «Депонир. науч. работы». – № 11. – 2005.
18. Niemi L. Spatial variation in resistance and virulence in the host-pathogen system *Salix triandra*–*Melampsora amygdalinae* / L. Niemi, A. Wennström, J. Hjältén [et al.] // Journal of Ecology. – 2006. – 94. – P. 915–921. – DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2006.01157.x>
19. Rönnberg-Wästljung A.C. Resistance to *Melampsora larici-epitea* leaf rust in *Salix*: analyses of quantitative trait loci / A.C. Rönnberg-Wästljung, B. Samils, V. Tsarouhas, U. Gullberg // Journal of Applied genetics. – 2008. – 49. – P. 321–331.
20. Sage R.B. The distribution of *Phratora vulgatissima* (Coleoptera: Chrysomelidae) on cultivated willows in Britain and Ireland / R.B. Sage, K. Tucker // Forest Pathology. – 1998. – 28. – P. 289–296.
21. Torp M. Performance of an Herbivorous Leaf Beetle (*Phratora vulgatissima*) on *Salix* F₂ Hybrids: the Importance of Phenolics / M. Torp, A. Lehrman, J.A. Stenberg [et al.] // Journal of Chemical Ecology. – 2013. – 39(4). – P. 516–524. – DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10886-013-0266-3>
22. Czesak M.E. Genetic architecture of resistance to aphids and mites in a willow hybrid system / M.E. Czesak, M.J. Knee, R.G. Gale and others // Heredity. – 2004. – 93. – P. 619–626.
23. Ollerstam O. Salicylic acid mediates resistance in the willow *Salix viminalis* against the gall midge *Dasineura marginemtorquens* / O. Ollerstam, S. Larson // Journal of Chemical Ecology. – 2003. – 29. – P. 163–174.
24. Афанасенко О.С. Генетическая защита растений: проблемы и перспективы / О.С. Афанасенко // Защита и карантин растений. – 2016. – 1. – С.13–16.
25. Ганиев М.М. Химические средства защиты растений / М.М. Ганиев, В.Д. Недорезков. – М.: КолосС, 2006. – 248 с.
26. Попова Л.М. Химические средства защиты растений: Учебное пособие / Л.М. Попова. – СПб.: СПбГТУРП, 2009. – 96 с.
27. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. – Ч.1. – Пестициды. – Издание официальное. – М.: Минсельхоз РФ, 2017. – 938 с.
28. Афонин А.А. Генетическая безопасность агробиоценозов / А.А. Афонин, Л.И. Булавинцева // Биология в школе. – 2011. – №5. – С. 3–10.

29. Литвишко В.С. Экологизация средств защиты растений / В.С. Литвишко // Естественные и технические науки. – 2018. – № 2 (116). – С. 53-54.
30. Кренке Н.П. Теория циклического старения и омоложения растений и практическое её применение / Н.П. Кренке. – М.: Огиз–Сельхозгиз, 1940. – 135 с.
31. Афонин А.А. Структурный анализ ритмов развития однолетних побегов ивы трехтычинковой / А.А. Афонин // Бюлл. науки и практики. – 2019. – Т. 5. – №1. – С. 22–32. – DOI: <http://doi.org/10.5281/zenodo.2539541>
32. Афонин А.А. Изменчивость морфологии листовых пластинок при семенной репродукции ивы трехтычинковой / А.А. Афонин // Междунар. науч.-иссл. журн. – 2018. – №9(75). – Ч.2. – С. 7–13. – DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.75.9.025>
33. Ежов С.Н. Основные концепции биоритмологии / С.Н. Ежов // Вестн. ТГЭУ. – 2008. – № 2. – С. 104–121.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Skvortsov A.K. Willows of Russia and adjacent countries. Taxonomical and geographical revision / A.K. Skvortsov – Joensuu: University of Joensuu, 1999. – 307 p.
2. Valyagina-Malyutina E.T. Ivy evropejskoj chasti Rossii [Willows of the European part of Russia] / E.T. Valyagina-Malyutina. – М.: KMK, 2004. – 217 p. [in Russian]
3. Barkalov V.Yu. Filogeneticheskie otnosheniya vidov *Salix* L. subg. *Salix* (Salicaceae) po dannym sekvenirovaniya mezghennyh spejserov hloroplastnogo genoma i ITS yadernoj ribosomal'noj DNK [Phylogenetic relations of *Salix* L. subg. *Salix* species (Salicaceae) according to sequencing data of intergenic spacers of chloroplastic genomes and ITS rDNA] / V.Yu. Barkalov, M.M. Kozyrenko // Genetika [Russian Journal of Genetics]. – 2014. – 50(8). – P. 940–949. [in Russian]
4. Blackburn K. A preliminary account of the chromosomes and chromosome behavior in the Salicaceae / K. Blackburn, J. Harrison // Ann. Bot. – 1924. – 38. – P. 361–378.
5. Wilkinsson J. The cytology of *Salix* in relation to its taxonomy / J. Wilkinsson // Ann. Bot. NS. – 1944. – P. 269–283.
6. Neumann A. Cytotaxonomischer Beitrag zur Gattung *Salix* / A. Neumann, A. Polatschek // Ann. Naturhistor. Mus. – 1972. – 76. – P. 619–633.
7. Hörandl E. Die Gattung *Salix* in Österreich mit Berücksichtigung angrenzender Gebiete / E. Hörandl // Abh. der Zool.-Bot. Ges. – 1992. – 27. – 170 P.
8. Afonin A.A. Izmenchivost' dliny pyl'cevyh zeren aborigennyh vidov iv Bryanskogo lesnogo massiva [Variability of Pollen-grains Length for Native Species of Willows in Bryansk Woodland] / A.A. Afonin // Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Lesnoj zhurnal [Bulletin of higher educational institutions. Forestry Journal]. – 2006. – 5. – P. 25–34. [in Russian]
9. Cyganov A.R. Bioenergetika: energeticheskie vozmozhnosti biomassy [Bioenergy: energy potential of biomass] / A.R. Cyganov, A.V. Klochkov. – Minsk: Belarus. navuka, 2012. – 143 p. [in Russian]
10. Fuchilo Ya.D. Stvorenniya ta viroshchuvannya energetichnih plantacij verb i topol': Naukovo-metodichni rekomendacii [The creation and cultivation of energy plantations of willows and poplars. Scientific-methodical recommendations] / Ya.D. Fuchilo, M.V. Sbitna, O.Ya. Fuchilo, V.M. Litvin. – K.: Logos, 2009. – 80 p. [in Ukraine]
11. Karp A. Genetic improvement of willow for bioenergy and biofuels / A. Karp, S.J. Hanley, S.O. Trybush [et al.] // Journal of integrative plant biology. – 2011. – 53(2). – P. 151–165. – DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7909.2010.01015.x>
12. Gomilevskij V.I. Kul'tura ivy i korzinochnoe proizvodstvo [The culture of willow and basket manufacturing] / V.I. Gomilevskij. – SPb.: Knigo Publishing house P.P. Sojkina, 1907. – 41 p. [in Russian]
13. Kern E.E. Iva, ee znachenie, razvedenie i upotreblenie [Willow, its value, and breeding and consumption] / E.E. Kern. – 4-e edition., vnov' pererab. – Petrograd: Tip. Min-va Putej Soobshcheniya (Tov-va I.N. Kushnerev i K°), 1915. – 134 p. [in Russian]
14. Kuzovkina Y.A. Checklist for Cultivars of *Salix* L. (Willow) / Y.A. Kuzovkina // International *Salix* Cultivar Registration Authority. – 2015. – 50. – P. 163.
15. Mikó P. Biomass production of energy willow under unfavourable field conditions / P. Mikó, G.P. Kovács, L. Alexa [et al.] // Applied Ecology and Environmental Research. – 2014. – 12(1). – P. 1–12.
16. Fuchilo Ya.D. Rost i produktivnost' nekotoryh sortov energeticheskoy ivy v zavisimosti ot stepeni uvlazhnennosti pochvy [Growth and productivity of some cultivars of energy willow, depending on the degree of soil moisture] / Ya.D. Fuchilo, M.V. Sbitna, B.V. Zelinskij // Plant Varieties Studying and Protection. – 2018. – 14(3). – P. 323–327. [in Ukraine]
17. Afonin A.A. Ivy Bryanskogo lesnogo massiva: problema povysheniya produktivnosti i ustojchivosti nasazhdenij i puti ee resheniya [The willows of the Bryansk Woodland: the problem of increasing the productivity and stability of plantations and ways to solve it] / A.A. Afonin. – Bryanskij gos. un-t, 2005. – 172 p. – Dep. v VINITI 15.09.05, № 1227–V2005. – Bibliogr. ukazatel' «Deponir. nauch. raboty». – 11. – 2005. [in Russian]
18. Niemi L. Spatial variation in resistance and virulence in the host-pathogen system *Salix triandra*–*Melampsora amygdalinae* / L. Niemi, A. Wennström, J. Hjältén [et al.] // Journal of Ecology. – 2006. – 94. – P. 915–921. – DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2006.01157.x>
19. Rönnberg-Wästljung A.C. Resistance to *Melampsora larici-epitea* leaf rust in *Salix*: analyses of quantitative trait loci / A.C. Rönnberg-Wästljung, B. Samils, V. Tsarouhas, U. Gullberg // Journal of Applied genetics. – 2008. – 49. – P. 321–331.
20. Sage R.B. The distribution of *Phratora vulgatissima* (Coleoptera: Chrysomelidae) on cultivated willows in Britain and Ireland / R.B. Sage, K. Tucker // Forest Pathology. – 1998. – 28. – P. 289–296.
21. Torp M. Performance of an Herbivorous Leaf Beetle (*Phratora vulgatissima*) on *Salix* F₂ Hybrids: the Importance of Phenolics / M. Torp, A. Lehrman, J.A. Stenberg [et al.] // Journal of Chemical Ecology. – 2013. – 39(4). – P. 516–524. – DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10886-013-0266-3>
22. Czesak M.E. Genetic architecture of resistance to aphids and mites in a willow hybrid system / M.E. Czesak, M.J. Knee, R.G. Gale [et al.] // Heredity. – 2004. – 93. – P. 619–626.
23. Ollerstam O. Salicylic acid mediates resistance in the willow *Salix viminalis* against the gall midge *Dasineura marginemtorquens* / O. Ollerstam, S. Larson // Journal of Chemical Ecology. – 2003. – 29. – P. 163–174.

24. Afanasenko O.S. Geneticheskaya zashchita rastenij: problemy i perspektivy [Genetic protection of plants: problems and prospects] / O.S. Afanasenko // Zashchita i karantin rastenij [Plant protection and quarantine]. – 2016. – 1. – P. 13–16. [in Russian]
25. Ganiev M.M. Himicheskie sredstva zashchity rastenij [Chemical plant protection products] / M.M. Ganiev, V.D. Nedorezkov. – M.: KolosS, 2006. – 248 p. [in Russian]
26. Popova L.M. Himicheskie sredstva zashchity rastenij: Uchebnoe posobie [Chemical plant protection products: Study guide] / L.M. Popova. – SPb.: SPbGTURP, 2009. – 96 p. [in Russian]
27. Gosudarstvennyj katalog pesticidov i agrohimičkov, razreshennyh k primeneniyu na territorii Rossijskoj Federacii – Ch.1. – Pesticidy. – Izdanie oficial'noe [State catalogue of pesticides and agrochemicals authorized for use on the territory of the Russian Federation. – Part 1. Pesticide. – Official publication]. – M.: Minsel'hoz RF, 2017. – 938 p. [in Russian]
28. Afonin A.A. Geneticheskaya bezopasnost' agrobiocenozov [Genetic safety of agrobiocenoses] / A.A. Afonin, L.I. Bulavintseva // Biologiya v shkole [Biology at school]. – 2011. – 5. – P. 3–10. [in Russian]
29. Litvishko V.S. Ekologizaciya sredstv zashchity rastenij [Ecologization of plant protection products] / V.S. Litvishko // Estestvennye i tekhnicheskie nauki [Natural and technical Sciences]. – 2018. – 2 (116). – P. 53–54. [in Russian]
30. Krenke N.P. Teoriya ciklicheskogo stareniya i omolozheniya rastenij i praktičeskoe eyo primenenie [The theory of cyclic aging and rejuvenation of plants and its practical application] / N.P. Krenke. – M.: Ogiz–Sel'hozgiz, 1940. – 135 p. [in Russian]
31. Afonin A.A. Strukturnyj analiz ritmov razvitiya odnoletnih pobegov ivy trekhtychinkovoj [Structural analysis of the rhythms of development of annual shoots of almond willow] / A.A. Afonin // Byull. nauki i praktiki [Bulletin of Science and Practice]. – 2019. – 5(1). – P. 22–32. – DOI: <http://doi.org/10.5281/zenodo.2539541> [in Russian]
32. Afonin A.A. Izmenchivost' morfologii listovyh plastinok pri semennoj reprodukcii ivy trekhtychinkovoj [Variability of lamina morphology in seeds reproduction of almond-leaved willow] / A.A. Afonin // Mezhdunar. nauch.-issl. zhurn. [International research journal] – 2018. – 9(75). – Ch.2. – P. 7–13. – DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.75.9.025> [in Russian]
33. Ezhov S.N. Osnovnye koncepcii bioritmologii [Basic concepts of biorhythmology] / S.N. Ezhov // Vestn. TGEU [Vestnik Pacific state university of economics]. – 2008. – 2. – P. 104–121. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.83.5.014>

ТИМОАНАЛЕПТИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ЭКСТРАКТА ШАФРАНА У ЖИВОТНЫХ С ТИПОЛОГИЧЕСКИМ СТАТУСОМ

Научная статья

Бахшалиева А.Я. *

Институт Физиологии им. академика Абдуллы Караева, НАН, Баку, Азербайджан

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

Аннотация

Научная статья посвящена изучению коррекционного влияния экстракта шафрана на параметры поведения на экспериментальной модели депрессии крыс с типологическим статусом. Результаты проведенных исследований показывают, что действие экстракта шафрана проявляется увеличением локомоторной и ориентировочной активности, уменьшением тревожности и в течение опыта показатели депрессивности сокращаются почти до контрольного уровня. Полученные данные свидетельствуют о том, что депрессивное состояние скорректировано хроническим введением экстракта шафрана и ускорено восстановление функционального состояния предварительно отобранных крыс, склонных к депрессии.

Ключевые слова: стресс, депрессия, экстракт шафрана, поведение.

THYMOANALEPTIC EFFECT OF SAFFRON EXTRACT IN ANIMALS WITH TYPOLOGICAL STATUS

Research article

Bakhshaliyeva A.Ya. *

Academician Abdulla Karaev Institute of Physiology, National Academy of Sciences of Azerbaijan, Baku, Azerbaijan

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

Abstract

This paper is devoted to the study of the correctional effect of the saffron extract on behavior parameters in the experimental model of depression in rats with a typological status. The results of the conducted studies show that the effect of the saffron extract is manifested by an increase in locomotor and orienting activity; and a decrease in anxiety. During the experiment, the depressive indicators decrease almost to the control level. The obtained result suggests that the depressive state is corrected by chronic administration of saffron extract and the restoration of the functional status of previously selected rats prone to depression is accelerated.

Keywords: stress, depression, saffron extract, behavior.

Введение

В настоящее время увеличивающийся темп жизни и повышенный уровень стрессогенности окружающей среды все чаще приводит к срыву адаптационных механизмов организма, которое сопровождается развитием тяжелых психических заболеваний, как депрессия [6]. Актуальность проблемы депрессий, наблюдающейся в общемедицинской практике, определяется не только их распространенностью и дезадаптирующим влиянием, но и переносимостью тимоаналептической терапии [4]. Множество побочных эффектов химических препаратов, используемых в современной психофармакотерапии депрессивных расстройств, придают актуальность исследованию и созданию натуральных препаратов.

Как известно, в последние годы старинные лечебные методы врачей народной медицины привлекают к себе пристальное внимание медицинской общественности, и большой интерес ученых вызывает исследование свойства природных веществ, создание натуральных препаратов. С этих позиций весьма целесообразно изучение Шафрана (*Safranus sativus*), выращиваемого в Абшеронском районе Азербайджана, лечебное многообразие которого подтверждено в народной медицине и требует научного доказательства эффективности экспериментальным путем. Заметим, что Азербайджан является одним из старейших центров выращивания шафрана и Абшеронский шафран занимает второе место среди 12 самых дорогих вегетарианских ингредиентов. Интерес исследований этого растения в психопатологии связан с его выраженной нейротропной активностью, проявляющейся успокоительным, тонизирующим, противосудорожным эффектом [7], а также изучением возможности профилактики и лечения депрессии алиментарным путем.

Известно, что индивидуально-типологические характеристики нервной системы находят свое отражение в типологических особенностях поведения [5]. Предрасположенность к эмоциональному напряжению считается центральным симптомом развития психических заболеваний и рассматривается как важнейшая индивидуальная характеристика личности, учитываемая в клинических типологиях и психофармакотерпии. В экспериментальных исследованиях предварительное группирование животных с типологическим статусом, которые различаются стресс-устойчивостью, способностью к выработке рефлексов, восприимчивостью к иммунопатологическим заболеваниям, позволяет решить вопросы индивидуализации при развитии многих патологических процессов, в том числе и проблемы с психофармакотерапией. С учетом литературных данных об индивидуальной чувствительности организма к биологически активным веществам, нами предпринято изучение профилактических и лечебно-компенсаторных свойств Шафрана при депрессии у предварительно отобранных крыс, склонных к депрессии.

В предыдущих исследованиях с помощью поведенческих тестов нами было изучено компенсаторно-профилактическое действие экстракта шафрана при развитии экспериментальной депрессии у предварительно отобранных крыс-самцов, склонных к депрессии [3]. Установлено, что в процессе реализации экспериментальной

депрессии развитие депрессивного состояния скорректировано введением экстракта шафрана. Целью настоящей работы является изучение компенсаторно-лечебного действия экстракта шафрана при депрессивном состоянии.

Методы и принципы исследования

Опыты проводили на нелинейных половозрелых белых крысах-самцах весом 180–220г. Депрессивное состояние у предварительно отобранных крыс, склонных к депрессии, сформировалось в течение 21 дня с применением метода «сенсорного контакта» [13], в котором стресс индуцировался агрессивными особями. Затем, после прекращения стресс-воздействия, экспериментальных животных подразделили на 2 группы: *I* - группа, которым в течение 21 дня ежедневно проводили внутривенное (2мл) введение 0,9% физиологического раствора; *II* – группа с внутривенным введением экстракта шафрана в дозе 250 мг/кг веса. При этом, изучали восстановление функционального состояния животных с помощью поведенческих тестов: на 7, 14 и 21 дни эксперимента (Т7, Т14, Т21 соответственно) оценивали показатели поведения в тесте «Открытое поле» [10] и в ситуации неизбежного плавания теста «Porsolt» [14]. Результаты эксперимента сравнивались с депрессивными показателями животных (Д). Длительность каждого из тестов составляла 300 сек.

Результаты и их обсуждение

О реализации депрессивного состояния подробно опубликовано в наших предыдущих публикациях [3]. Нами установлено, что у предварительно отобранных крыс, склонных к депрессии, при воздействии хронического эмоционального стресса возникает глубокое психоэмоциональное состояние, подобное апатической депрессии. После выработки устойчивой модели депрессии в сравнительном аспекте изучали влияние препаратов (экстракт шафрана и физиологический раствор) на параметры поведения. Результаты обоих тестов показывают, что при хроническом введении препаратов изменение поведенческих показателей в каждой группе носит своеобразный характер, проявляя различную динамику, и в ходе эксперимента у крыс II группы отмечается более выраженное восстановление поведения.

Реализация параметров тревожности и ориентировочно-исследовательской активности в тесте «Открытое поле»

В условиях этого теста измеряли латентный период (ЛП) – интервал от момента помещения крысы в ОП до выхода из центральных квадратов; количество пересеченных квадратов (НК), характеризующее уровень локомоторной активности; количество подъемов на задние лапы, являющееся показателем уровня исследовательской активности (NC); количество актов дефекации, характеризующее эмоциональное состояние животных (НД).

Как видно из рис. 1, по сравнению с депрессивными животными (100%), крысы I группы в течение эксперимента демонстрируют снижение поведенческой активности и повышение эмоционального напряжения. Изменение ЛП в Т7 и Т14 слабо выражено и к Т21 незначительно уменьшается на 31% ($p < 0,001$). Двигательная активность в начальной стадии почти не изменяема по сравнению с депрессивными животными (Д), которая до 14 - суточного периода чуть возрастает и к 21-му дню у животных все еще отмечается поведенческий дефицит и увеличение составляет 168,4% ($p < 0,01$).

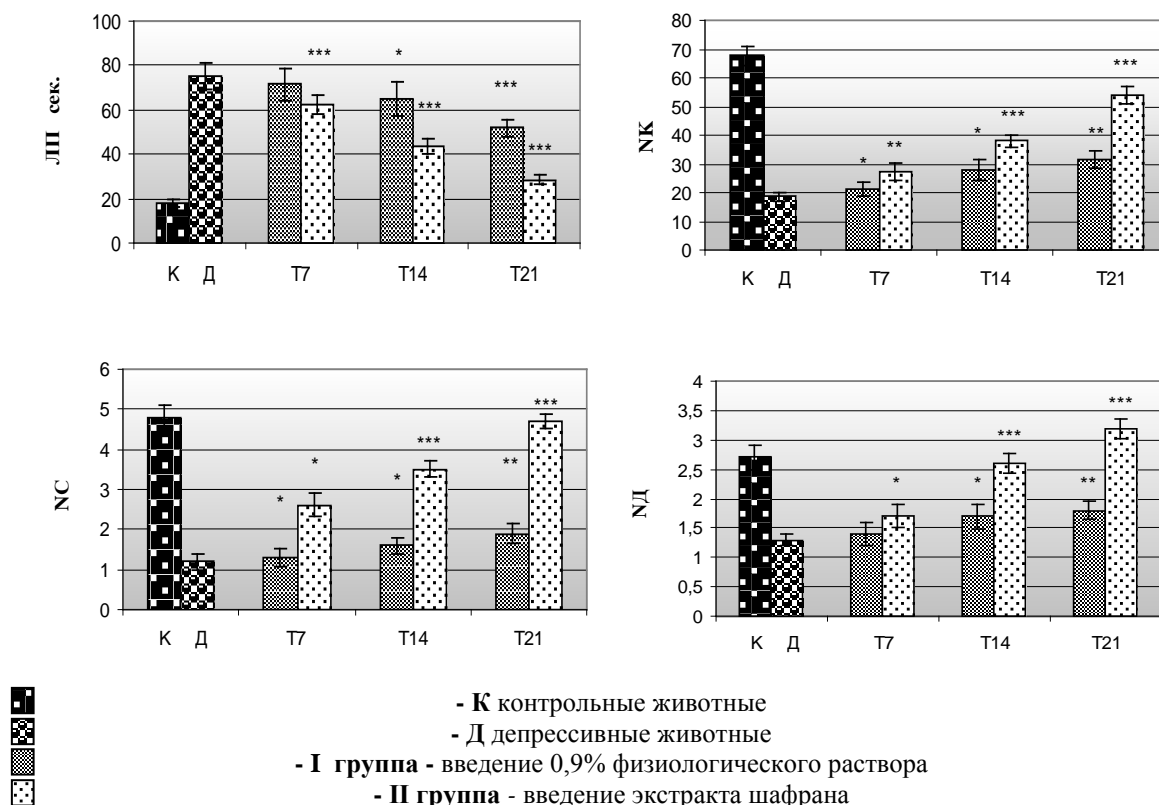


Рис. 1 – Динамика изменения поведенческих показателей в тесте «Открытое поле»:

ЛП- латентный период, НК- число квадратов; NC- число стоек, НД- число дефекаций

Примечание: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$ по сравнению с депрессивной (Д) группой; ($n=6$)

Ориентировочно-исследовательская активность (NC) в стадии T7 и T14 не меняется, а к концу опыта увеличивается на 50% ($p<0,01$). В трехнедельном периоде до конца эксперимента НД увеличивается на 38% ($p<0,01$) по сравнению с депрессивной группой, что показывает незаметное снижение эмоциональности животных. Анализ представленных графических данных показывает, что в результате хронического введения экстракта шафрана параметры поведения изменяются иначе. При этом ЛП уменьшается в T7 на 17% ($p<0,001$), в T14 на 57,9% ($p<0,001$) и в конце опыта на 62,3% ($p<0,001$) по сравнению с депрессивными животными (100%). Соответственно, значительно увеличивается двигательная активность (NK), которая нарастает как при T7 (на 46%; $p<0,01$), так и в T14 (на 103,7%; $p<0,001$), а к 21-му дню - 187% ($p<0,001$) по отношению к депрессивному уровню. Представляет внимание интенсивная тенденция к возрастанию ориентировочно-исследовательской активности: в T7 на 1216,6% ($p<0,05$), затем в T14 на 192% ($p<0,001$) и к концу опыта (в T21) примерно, четырехкратно (391,7%; $p<0,001$). В то же время, к 21-му дню опыта у этой группы увеличивается НД на 146% ($p<0,001$).

Реализация параметров депрессивности в тесте «Persolt»a

Этот тест является широко используемым тестом для определения уровня депрессивности у животных. В рамках теста регистрировали эпизод активного плавания (ЭАП) до первого состояния бездействия. Этот показатель позволяет выявить предел физической выносливости на основе эмоционального состояния животных. Пребывание в иммобилизационном состоянии в течение эксперимента отмечено как время пассивного плавания (ВПП). Этот поведенческий параметр является наиболее информативным показателем уровня депрессивности у животного. Чем больше время иммобильности и меньше длительности первого эпизода активного плавания, тем выше уровень депрессивности, и наоборот.

Полученные данные свидетельствуют о том, что введенные препараты по-разному уменьшают ВПП за счет увеличения ЭАП. При этом, более значительный и достоверный эффект оказался при действии шафрана.

Результаты исследования показали, что при хроническом введении физраствора по сравнению с депрессивными животными (100%) увеличение ЭАП и снижение ВПП в T7 и T14 слабо выражены. В конечном тестировании (T21) время ЭАП увеличилось на 76,4% ($p<0,01$). Снижение суммарного ВПП в T7 и T14 оказалось почти неизменным (2,7% и 6,7% соответственно) и к 21-му дню уменьшалось всего на 10,2% ($p<0,05$). Эти параметры поведения свидетельствуют о том, что животные все еще находятся в депрессивном состоянии.



Рис. 2 – Динамика изменения поведенческих показателей в тесте «Persolt»a:

ЭАП – эпизод активного плавания, ВПП – время пассивного плавания

Примечание: * $p<0,05$; ** $p<0,01$; *** $p<0,001$ по сравнению с депрессивной (Д) группой; ($n=6$)

При хроническом введении экстракта шафрана отмечается существенное изменение исследуемых параметров и восстановление депрессивного состояния намного выраженнее. При этом, время ЭАП возрастает в T7 на 82,9% ($p<0,01$), в T14 на 178% ($p<0,001$), а в T21 на 265,2% ($p<0,001$). Соответственно, достоверно сокращается суммарное ВПП в T7 на 12,2% ($p<0,05$), в T14 на 18,7% ($p<0,01$), а в T21 на 36,7% ($p<0,001$).

Таким образом, действие экстракта шафрана проявилось увеличением двигательной активности, уменьшением тревожности и в течение опыта показатели депрессивности восстанавливаются почти до контрольного (К) уровня. При этом, в течение опыта у животных с введением физраствора высокий уровень реакции страха и эмоциональности в открытом поле сопровождается низкой двигательной активностью и быстрой утомляемостью в тесте вынужденного плавания. В конце эксперимента, несмотря на относительное снижение иммобилизации, показатели депрессивности остаются почти неизменными, что свидетельствует о психо-эмоциональном состоянии животных.

Изучение обоих поведенческих тестов на фоне введения препаратов показывает, что в ходе эксперимента состояние животных I и II группы значительно отличается. При этом, хроническое введение экстракта шафрана оказало ярко выраженное анксиолитическое и антидепрессивное действие на депрессивных животных. Об этом свидетельствовали исчезновение разницы по некоторым показателям тестов между поведением контрольных (К) крыс. Возможно, это связано с увеличением психофизиологической выносливости животных под воздействием тимоаналептического эффекта шафрана.

В наших предыдущих исследованиях с помощью поведенческих тестов изучались профилактические и лечебно-регулирующие эффекты шафрана при неврозе и установлено, что экстракт шафрана значительно уменьшает

невротизацию у крыс с типологическим статусом [1]. Учитывая роль изменения анти-прооксидантного баланса в патогенетических механизмах поражений мозга при стрессе, нами вызван интерес изучения антиоксидантного действия экстракта шафрана в структурах головного мозга при неврозе [2]. Было выявлено, что при невротизации в зависимости от типологического статуса животных, экстракт шафрана оказывает антиоксидантное влияние в разной степени, которое препятствует развитию патологии с ускорением восстановления функционального состояния после прекращения невротизации. Подобные результаты об антиоксидантной активности были также получены в исследовании Ghadrdoost B. Et al., в котором экстракт шафрана предотвращал ухудшение памяти и обучения [9].

Фармакологические эффекты шафрана связаны с уникальным составом и богато ингредиентами [7], стимулирующими компенсаторную способность организма. Он содержит большое количество витаминов группы В (тиамин (В1), рибофлавин (В2), ниацин (В3), пиридоксин гидрохлорид (В6), фолиевой кислота (В9), аскорбиновой кислоты (С) и ретинола (А). Каждое из этих физиологически активных веществ имеет биологическое значение для нормальной функциональной активности ЦНС и эффективно при повышении сопротивляемости организма различными стрессфакторами. Растение шафрана также является пакетом минералов (Cu, Mn, Ca, Fe, K, Mg, Se, Na, Zn и т. д.), и эти вещества играют важную роль в обмене веществ и энергии.

Активными компонентами, которые указывают на качество шафрана, являются кроцин, кроцетин, пикрокроцин и шафранал, оказывающие воздействие на сердечно-сосудистую, иммунную, дыхательную, мочеполовую и центральную нервную системы.

В настоящее время считается наиболее обоснованным, что ключевые патогенетические механизмы депрессии связаны с функциональным дефицитом серотонинергической и со сложной дисрегуляцией норадренергической систем, которые тесно взаимодействуют с дофаминергической, холинергической, глутаматергической и ГАМК-ергической системами [8].

Hausenblas H.A. et al. [11] предполагают, что антидепрессивный эффект шафрана связан с модуляцией уровня определенных нейротрансмиттеров в ЦНС, включая серотонин. Более конкретно, экстракт шафрана может ингибировать обратный захват серотонина в синапсах. Ингибирование обратного захвата серотонина удерживает медиатор в синаптической щели дольше, тем самым усиливая его положительные эффекты при депрессии.

Согласно литературным данным Srivastava et al. [15] и Hosseinzadeh et al. [12], именно кроцин и шафранал обладают антидепрессантным эффектом, которое связано с влиянием на синаптическую передачу моноаминов. Предполагается, что антидепрессивное действие активных компонентов шафрана связано с механизмом ингибирования обратного захвата дофамина, норадреналина и серотонина.

Заключение

Таким образом, основное внимание в ходе скрининга исследований было уделено влиянию экстракта шафрана на улучшение симптомов депрессии у предварительно отобранных крыс, склонных к депрессии, у которых при хроническом эмоциональном стрессе возникало глубокое психоэмоциональное состояние, оцениваемое как апатическая депрессия. Исходя из полученных результатов, мы заключаем, что экстракт шафрана оказывает восстанавливающее влияние на функциональное состояние глубокодепрессивных крыс, что позволяет подтверждать тимоаналептический эффект шафрана. Подобный подход предполагает более детальное изучение механизма действия, эффективности и безопасности применения шафрана при депрессии, которое подтверждает его использование в традиционной практике и рекомендует для эффективности при альтернативном лечении апатической депрессии.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Бахшалиева А.Я. Коррекция поведенческих показателей невротического состояния введением экстракта шафрана / А. Я. Бахшалиева // Сборник научных трудов Института физиологии им. А.И.Караева НАНА. Баку. – 2008. – Т.26. С. 228-232.
2. Бахшалиева А.Я. Влияние экстракта шафрана на компоненты мембраны при экспериментальном неврозе / А. Я. Бахшалиева // Сборник статей Международной научной конференции, посвященной 90-летию кафедры анатомии человека Азербайджанского медицинского университета. Баку. – 2009. – С. 82-85.
3. Бахшалиева А.Я. Реализация профилактического эффекта экстракта шафрана на депрессию посредством поведенческих показателей / А. Я. Бахшалиева // Сборник научных трудов Института физиологии им. А.И.Караева НАНА. Баку. – 2017. – Т.35. – С. 30-36.
4. Балашов А. М. К вопросу о резистентности к фармакотерапии / А. М. Балашов // Журнал неврологии и психиатрии им. С. С. Корсакова. – 2009. – Т. 1. – № 109. – С. 90–91.
5. Горст Н.А., Горст В.Р., Руденко И.О. Индивидуальный уровень стрессированности и кардиотипы человека / Н.А.Горст, В.Р.Горст, И.О. Руденко // Вестник новых мед. Технологий – 2004. – Т. 11. – С. 9-10.
6. Смулевич А. Б. Депрессия как общемедицинская проблема: вопросы клиники и терапии / А. Б. Смулевич // Психиатрия и психофармакотерапия – 2006. – №3(8). – С. 4–10.
7. Akowuah G.A., Htar T.T. Therapeutic properties of saffron and its chemical constituents / G.A. Akowuah, T.T. Htar // J. Nat. Prod. – 2014. – V.7. – P. 5–13.
8. Duman R.S. Pathophysiology of depression: the concept of synaptic plasticity / R.S. Duman // J. Eur. Psychiatry – 2002 – V. 17. – P. 306-310.
9. Ghadrdoost B. et al. Protective effects of saffron extract and its active constituent crocin against oxidative stress and spatial learning and memory deficits induced by chronic stress in rats / B. Ghadrdoost et al. // Eur. J. Pharmacol. – 2011. – V. 667. – P. 222–229.

10. Hall C. S. Emotional behavior in the rat. Defecation and urination as measures of individual differences in emotionality / C. S. Hall // J. Compar. Psychol. – 1934. – V. 18. – P. 385-403.

11. Hausenblas H.A., Saha D., Dubyak P.J., Anton S.D. Saffron (*Crocus sativus* L.) and major depressive disorder: a meta-analysis of randomized clinical trials. / H.A. Hausenblas, D. Saha, P.J. Dubyak, S.D. Anton // J. Integr. Med. – 2013. – V. 11. – P. 377–383.

12. Hosseinzadeh H, Karimi G, Niapoor M. Antidepressant effect of *Crocus sativus* L. stigma extracts and their constituents, crocin and safranal, in mice / H. Hosseinzadeh, G. Karimi, M. Niapoor // Acta Hort. – 2004. – V. 650. – P. 435–445.

13. Kudryavtseva N.N., Avgustinovich D.F. Behavioral and physiological markers of experimental depression induced by social conflicts / N.N.Kudryavtseva, D.F. Avgustinovich // Aggress. Behavi. – 1998. – V. 24. – P. 271-286.

14. Persolt R.D., Lenegre A. Experimental approaches to anxiety and depression / Eds. J.M.Elliot, D.J.Heal, C.A.Marsden // N.Y.: John Wiley and Sons. – 1992. – P. 73-85.

15. Srivastava R, Ahmed H, Dixit R.K., Dharamveer, Saraf S.A. *Crocus sativus* L.: a comprehensive review / R. Srivastava, H. Ahmed, R.K. Dixit, Dharamveer, S.A. Saraf // Pharmacogn Rev. – 2010. – V. 4. – P. 200–208.

Список литературы на английском языке / References in English*

1. Bahshalieva A.Ja. Korrekciya povedencheskih pokazatelej nevrozopodobnogo sostojaniya vvedeniem jekstrakta shafrana [Correction of the behavioral indices of the neurosis-like state by administering the extract of saffron] / A. Ja. Bahshalieva // Sbornik nauchnyh trudov Instituta fiziologii im. A.I.Karaeva NANA. Baku. – 2008. – T.26. S. 228-232. [in Russian]

2. Bahshalieva A.Ja. Vlijanie jekstrakta shafrana na komponenty membrany pri jeksperimental'nom nevroze [Effect of saffron extract on membrane components in experimental neurosis] / A. Ja. Bahshalieva // Sbornik statej Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii, posvjashhennoj 90-letiju kafedry anatomii cheloveka Azerbajdzhanskogo medicinskogo universiteta. Baku. – 2009. – S. 82-85. [in Russian]

3. Bahshalieva A.Ja. Realizacija profilakticheskogo jeffekta jekstrakta shafrana na depressiju posredstvom povedencheskih pokazatelej [The implementation of the preventive effect of saffron extract on depression through behavioral indicators] / A. Ja. Bahshalieva // Sbornik nauchnyh trudov Instituta fiziologii im. A.I.Karaeva NANA. Baku. – 2017. – T.35. – S. 30-36. [in Russian]

4. Balashov A. M. K voprosu o rezistentnosti k farmakoterapii [On the issue of resistance to pharmacotherapy] / A. M. Balashov // Zhurnal nevrologii i psixiatrii im S. S. Korsakova. – 2009. – T. 1. – № 109. – S. 90–91. [in Russian]

5. Gorst N.A., Gorst V.R., Rudenko I.O. Individual'nyj uroven' stressirovannosti i kardiotypy cheloveka [Individual level of stress and cardiotypes] / N.A.Gorst, V.R.Gorst, I.O. Rudenko // Vestnik novyh med. Tehnologij – 2004. – T. 11. – S. 9-10. [in Russian]

6. Smulevich A. B. Depressiya kak obshhemedicinskaja problema: voprosy kliniki i terapii [Depression as a general medical problem: clinical and therapy issues] / A. B. Smulevich // Psihiatrija i psihofarmakoterapija – 2006. – №3(8). – S. 4–10. [in Russian]

7. Akowuah G.A., Htar T.T. Therapeutic properties of saffron and its chemical constituents / G.A. Akowuah, T.T. Htar // J. Nat. Prod. – 2014. – V.7. – P. 5–13.

8. Duman R.S. Pathophysiology of depression: the concept of synaptic plasticity / R.S. Duman // J. Eur. Psychiatry – 2002 – V. 17. – P. 306-310.

9. Ghadrdoost B. et al. Protective effects of saffron extract and its active constituent crocin against oxidative stress and spatial learning and memory deficits induced by chronic stress in rats / B. Ghadrdoost et al. // Eur. J. Pharmacol. – 2011. – V. 667. – P. 222–229.

10. Hall C. S. Emotional behavior in the rat. Defecation and urination as measures of individual differences in emotionality / C. S. Hall // J. Compar. Psychol. – 1934. – V. 18. – P. 385-403.

11. Hausenblas H.A., Saha D., Dubyak P.J., Anton S.D. Saffron (*Crocus sativus* L.) and major depressive disorder: a meta-analysis of randomized clinical trials. / H.A. Hausenblas, D. Saha, P.J. Dubyak, S.D. Anton // J. Integr. Med. – 2013. – V. 11. – P. 377–383.

12. Hosseinzadeh H, Karimi G, Niapoor M. Antidepressant effect of *Crocus sativus* L. stigma extracts and their constituents, crocin and safranal, in mice / H. Hosseinzadeh, G. Karimi, M. Niapoor // Acta Hort. – 2004. – V. 650. – P. 435–445.

13. Kudryavtseva N.N., Avgustinovich D.F. Behavioral and physiological markers of experimental depression induced by social conflicts / N.N.Kudryavtseva, D.F. Avgustinovich // Aggress. Behavi. – 1998. – V. 24. – P. 271-286.

14. Persolt R.D., Lenegre A. Experimental approaches to anxiety and depression / Eds. J.M.Elliot, D.J.Heal, C.A.Marsden // N.Y.: John Wiley and Sons. – 1992. – P. 73-85.

15. Srivastava R, Ahmed H, Dixit R.K., Dharamveer, Saraf S.A. *Crocus sativus* L.: a comprehensive review / R. Srivastava, H. Ahmed, R.K. Dixit, Dharamveer, S.A. Saraf // Pharmacogn Rev. – 2010. – V. 4. – P. 200–208.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.83.5.015>

ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ БИОГЕННЫХ АМИНОВ В ГИПОТАЛАМУСЕ КРОЛИКОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СРОКАХ ПИЩЕВОЙ И ПИТЬЕВОЙ ДЕПРИВАЦИИ И ЕЕ ОТМЕНЕ

Научная статья

Гаджиева Э.Т. *

Азербайджанский Государственный Педагогический Университет, Баку, Азербайджан

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

Аннотация

Целью данной работы было изучение содержания биогенных моноаминов (дофамин, норадреналин и серотонин) в гипоталамусе 3-х месячных кроликов, подвергшихся пищевой и питьевой депривации. Результаты исследований свидетельствуют о том, что в зависимости от сроков пищевой и питьевой депривации содержание дофамина, норадреналина и серотонина подвергается существенным изменениям.

Питьевая депривация, по сравнению с пищевой, вызывает более существенные изменения в содержании биогенных моноаминов в гипоталамусе.

Ключевые слова: дофамин, норадреналин, серотонин, пищевая депривация, питьевая депривация.

CHANGING DYNAMICS OF BIOGENIC AMINES CONTENT IN HYPOTHALAMUS OF RABBITS WITH DIFFERENT TIMES OF FOOD AND DRINKING DEPRIVATION AND ITS CANCELLATION

Research article

Gadzhieva E.T. *

Azerbaijan State Pedagogical University, Baku, Azerbaijan

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

Abstract

The goal of this work is to study the content of biogenic monoamines (dopamine, norepinephrine, and serotonin) in the hypothalamus of 3-month-old rabbits exposed to food and drinking deprivation. The results of the research showed that depending on the timing of food and drinking deprivation, the content of dopamine, norepinephrine, and serotonin undergoes significant changes.

Drinking deprivation, as compared to nutritional, causes more significant changes in the content of biogenic monoamines in the hypothalamus.

Keywords: dopamine, norepinephrine, serotonin, food deprivation, drinking deprivation.

В последние годы биогенные амины рассматриваются как важнейшие нейромедиаторы в адренергической, норадренергической и серотонинергической системах и регуляторы защитно-приспособительных реакций организма. Они создают возможность для быстрого адекватного перехода организма из состояния покоя в состояние возбуждения или торможения, способствуют интенсивному ускорению обменных процессов, а также участвуют в формировании и регуляции различных физиологических параметров организма в норме и при патологии. Обмен биогенных аминов связан с функциональным состоянием нервной системы.

Легкое стрессирующее воздействие может быть полезным, так как активизирует защитные ресурсы организма, тогда как длительное или интенсивное воздействие стрессора приводит к их истощению [1]. Наибольший вред организму наносит острый или длительный неконтролируемый стресс, при котором животное (или человек) не может активно или пассивно воздействовать на окружающую среду с целью изменить ее. Подобные стрессы неблагоприятно отражаются на структурно-функциональных состояниях головного мозга [2].

При изучении биогенных аминов в стрессорных ситуациях организма были использованы самые разнообразные модели экстремального воздействия. Одной из них является лишение животных пищи и воды.

Исходя из вышесказанного, целью данной работы было изучение содержания биогенных аминов в гипоталамусе 3-х месячных кроликов при различных сроках пищевой и питьевой депривации и на фоне восстановления пищевого и питьевого режима.

Материалы и методы

Все эксперименты выполнены с соблюдением принципов международной декларации Европейского сообщества (86/609/ЕЕС) о защите животных, используемых для экспериментальных и других научных целей.

В качестве объекта исследования были использованы 3-х месячные кролики, содержащиеся в стандартных условиях вивария на протяжении всего периода эксперимента.

Животные были разделены на следующие группы:

- а) контрольная группа – интактные особи;
- б) опытная группа №1 была разбита на подгруппы с учетом длительности периода (1, 3 и 5 суток) пищевой депривации и на фоне 7-ми суточного восстановления пищевого режима;
- в) опытная группа №2 была разбита на подгруппы с учетом длительности периода (1, 3 и 5 суток) питьевой депривации и на фоне 7-ми суточного восстановления питьевого режима.

Для определения биогенных моноаминов использован универсальный флуориметрический метод Б.М.Когана и Н.В.Нечаева [3], позволяющий на одной исследуемой навеске одновременно определять содержание дофамина, норадреналина и серотонина. Метод основан на экстракции биогенных моноаминов органическим раствором (Н-бутанолом и гептаном).

Полученные результаты обработаны статистически.

Результаты и обсуждение

Согласно полученным результатам, у интактных животных содержание дофамина составляет $650 \pm 30,2$ нг/г свежей ткани, норадреналина - $471 \pm 20,3$ нг/г свежей ткани, а серотонина - 580 ± 24 нг/г свежей ткани (таб. 1).

После односуточной пищевой депривации содержание дофамина и серотонина уменьшается и становится равным $565 \pm 23,6$ и $528 \pm 15,2$ нг/г, что составляет 87% и 91% по сравнению с данными контрольной группы. На 3-и сутки пищевой депривации содержание дофамина и серотонина существенно снижается и, соответственно, составляет $487 \pm 20,6$ нг/г и $493 \pm 16,0$ нг/г, что на 25% и 15% меньше по сравнению с показателями контроля. На 5-е сутки пищевой депривации содержание дофамина снижается до $422 \pm 20,3$ нг/г, а серотонина - до $423 \pm 13,2$ нг/г, что составляет 65% и 73%, соответственно, по сравнению с контролем (таб. 1).

После односуточной пищевой депривации содержание норадреналина возрастает до $562 \pm 22,2$ нг/г. На 3-и и 5-е сутки пищевой депривации содержание норадреналина повышается и, соответственно, составляет $589 \pm 24,2$ нг/г и $622 \pm 25,5$ нг/г.

Таким образом, результаты исследований свидетельствуют о том, что в зависимости от сроков пищевой депривации содержание дофамина, норадреналина и серотонина подвергается существенным изменениям.

Таблица 1 – Содержание дофамина, норадреналина и серотонина в гипоталамусе 3-х месячных кроликов при различных сроках пищевой депривации и на фоне восстановления пищевого режима ($M \pm m$, $n=5$)

Сроки	Дофамин		Норадреналин		Серотонин	
	$M \pm m$	%	$M \pm m$	%	$M \pm m$	%
Контроль	$650 \pm 30,2$	100	$471 \pm 20,3$	100	580 ± 24	100
Депривация						
1-суточная	$565 \pm 23,6$	87	$562 \pm 22,2^*$	119	$528 \pm 15,2$	91
3-суточная	$487 \pm 20,6^{**}$	75	$589 \pm 24,2^{**}$	125	$493 \pm 16,0^*$	85
5-суточная	$422 \pm 20,3^{***}$	65	$622 \pm 25,5^{**}$	132	$423 \pm 13,2^{***}$	73
Восстановление пищевого режима после 5-суточной пищевой депривации						
7-суточное	$572 \pm 19,0$	88	$542 \pm 13,8^*$	115	$522 \pm 18,5$	90

Примечание: * - $p < 0,05$; ** - $p < 0,01$; *** - $p < 0,001$

На втором этапе серии экспериментов изучалось содержание дофамина, норадреналина и серотонина на фоне восстановления пищевого режима после 5-ти суточной пищевой депривации.

Результаты исследований свидетельствуют о том, что на фоне 7-ми суточного восстановления пищевого режима в содержании дофамина и серотонина прослеживается тенденция к повышению и, соответственно, составляет 88% и 90% по сравнению с контрольной группой. Содержание норадреналина повышается 15% по отношению к контролю.

Во второй серии экспериментов изучалось содержание дофамина, серотонина и норадреналина в гипоталамусе 3-х месячных кроликов при различных сроках пищевой депривации и на фоне восстановления питьевого режима (таб. 2).

Таблица 2 – Содержание дофамина, норадреналина и серотонина в гипоталамусе 3-х месячных кроликов при различных сроках пищевой депривации и на фоне восстановления питьевого режима ($M \pm m$, $n=5$)

Сроки	Дофамин		Норадреналин		Серотонин	
	$M \pm m$	%	$M \pm m$	%	$M \pm m$	%
Контроль	$650 \pm 30,2$	100	$471 \pm 20,3$	100	580 ± 24	100
Депривация						
1-суточная	$539 \pm 21,5^*$	83	$579 \pm 25,0^{**}$	123	$493 \pm 20,8^*$	85
3-суточная	$474 \pm 22,8^{**}$	73	$612 \pm 29,1^{**}$	130	$447 \pm 17,3^{**}$	77
5-суточная	$383 \pm 16,9^{***}$	59	$654 \pm 31,2^{**}$	139	$394 \pm 15,3^{***}$	68
Восстановление питьевого режима после 5-суточной пищевой депривации						
7-суточное	$559 \pm 18,6^*$	86	$556 \pm 16,1^*$	118	$505 \pm 17,9^*$	87

Примечание: * - $p < 0,05$; ** - $p < 0,01$; *** - $p < 0,001$

После суточной пищевой депривации содержание дофамина и серотонина снижается на 17% и 15%, соответственно, по сравнению с контрольной группой. При этом, содержание дофамина составляет $539 \pm 21,5$ нг/г, а серотонина - $493 \pm 20,8$ нг/г. После 3-х суточной пищевой депривации содержание дофамина и серотонина также снижается, составляя при этом, соответственно, $474 \pm 22,8$ нг/г и $447 \pm 17,3$ нг/г. На 5-е сутки пищевой депривации сохраняется тенденция снижения содержания дофамина и серотонина, что составляет, соответственно, $383 \pm 16,9$ нг/г и $394 \pm 15,3$ нг/г.

После односуточной пищевой депривации содержание норадреналина возрастает до $579 \pm 25,0$ нг/г. На 3-и и 5-е сутки пищевой депривации содержание норадреналина повышается и, соответственно, составляет $612 \pm 29,1$ нг/г и $654 \pm 31,2$ нг/г.

На 7-е сутки восстановления питьевого режима отмечается снижение содержания дофамина и серотонина по сравнению с контрольными животными, что составляет $559 \pm 18,6$ нг/г и $505 \pm 17,9$ нг/г, соответственно. При этом содержание норадреналина повышается на 18% по сравнению с контролем.

Таким образом, результаты исследований свидетельствуют о том, что питьевая депривация, по сравнению с пищевой, вызывает более существенные изменения в содержании дофамина, норадреналина и серотонина в гипоталамусе исследуемых животных.

Любой стимул, при воздействии которого может возникнуть угроза целостности организма (стрессор), приводит к стрессовой реакции, представляющей собой адаптивную активность для выхода из стрессовой ситуации и определения новых форм стратегии выживания [4].

Мы считаем, что структурный след адаптации формируется в системе при доминирующей мотивации, которая функционально реализуется в виде поведения, т.е. адаптации, формирующейся на основе доминирующей потребности организма. В реализации этих механизмов ведущее место принадлежит нейрохимическим системам мозга, ответственным за реализацию центральных механизмов пищевого и питьевого поведения. Роль моноаминов в приспособительных реакциях организма – это один из существенных элементов развития состояния «напряжения», или стресса, т.е. ответной неспецифической реакции организма на действие раздражителя [5], [6], [7].

Стрессорные факторы, как физические, так и психологические, через различные мозговые структуры (прежде всего амигдалу и префронтальную кору [8]) стимулируют продукцию и выделение кортиколиберина из мелкоклеточных нейронов паравентрикулярного ядра (ПВЯ) гипоталамуса. Кортиколиберин, в свою очередь, далее активирует как симпатно-адреналовую систему (САС) (через норадренергические нейроны голубого пятна *Locus coeruleus*), так и гипоталамо-гипофизарную систему [9].

Адаптация к новой среде обитания формируется на основе механизмов гомеостаза. Нарушение гомеостаза, вызванное факторами внешней и внутренней среды, или сигнал о возможности подобного нарушения, через высшие уровни регуляции активирует ответственные за адаптацию организма высшие регуляторные центры – гипоталамус [10], в котором заложен ряд важных механизмов регуляции и интеграции вегетативных функций (центры голода, жажды и др.).

Мы считаем, что на уровне гипоталамуса взаимодействие нервных и гормональных регуляторных механизмов более выражено может проявлять себя в виде адаптивно-компенсаторных реакций в нейронах на модели нарушения энергетического (при голодании) и водно-солевого (при жажде) гомеостаза.

Моноаминергические механизмы регуляции пищевого и питьевого поведения являются сложными и спорными. Норадреналин участвует в центральных и периферических механизмах регуляции пищевого и питьевого поведения. Дофаминергическая и серотонинергическая система – важный компонент реализации стимулов жажды в деятельности, характерной для питьевого поведения [11], [12].

В заключении можно предположить, что пищевая и питьевая депривация как специфический и неспецифический фактор влияет на содержание биогенных моноаминов в гипоталамусе экспериментальных животных.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

- Weinberg J. Neurobiology of chronic mild stress: parallels to major depression / J. Weinberg // *Neurosci. Biobehav. Rev.* – 2012 - V. 36. – P. 2085–2117. doi:10.1016/j.neubiorev.2012.07.001
- Немец В.В. Стресс и стратегии поведения / В.В. Немец, Е.П. Виноградова // *Национальный психологический журнал*. – 2017 – Т. 26, № 2, – С. 59–72. doi: 10.11621/npj.2017.0207
- Коган Б.М. Чувствительный и быстрый метод одновременного определения дофамина норадреналина, серотонина и 5-оксиндолуксусной кислоты в одной пробе / Коган Б.М., Нечаев Н.В. // «Лабират. дело» - 1979 - № 5, с.301
- Lalonde R. The effects of cerebellar damage on maze learning in animals / R. Lalonde, C. Strazielle // *Cerebellum*. – 2003. – V. 2, № 4. – P. 300-309.
- Sinclair D. Impacts of stress and sex hormones on dopamine neurotransmission in the adolescent brain / D. Sinclair, T. D. Purves-Tyson, K. M. Allen and others // *Psychopharmacology* – 2014 – V. 231 – P. 1581–1599
- Chrousos G.P. Stress and disorders of the stress system / G.P. Chrousos // *Nat. Rev. Endocrinol.* – 2009 – V. 5 – P. 374–381 (doi:10. 1038/nrendo.2009.106)
- Bruce S. McEwen Mechanisms of stress in the brain / Bruce S. McEwen, Nicole P. Bowles, Jason D. Gray, and others // *Nat. Neurosci.* - 2015 – V. 18 – P.1353-1363
- Jankord R. Limbic regulation of Hypothalamo-Pituitary-Adrenocortical function during acute and chronic stress / R. Jankord, J. P. Herman // *Annals of the New York Academy of Sciences*. – 2008 – V. 1148 - № 1 – P. 64–73
- Owens M.J. Physiology and pharmacology of corticotropin-releasing factor / M. J. Owens, C. B. Nemeroff // *Pharmacol Rev.* – 1991 – V. 43 - № 4 - P. 425–473
- Green M.R. Sex and stress steroids in adolescence: Gonadal regulation of the hypothalamic-pituitary-adrenal axis in the rat / M.R. Green, C.M. McCormick // *Gen Comp Endocrinol.* – 2016 – V. 234. – P. 110-116
- Jong-Woo S. Network of hypothalamic neurons that control appetite / S. Jong-Woo // *BMB Rep.*, - 2015 - V. 48. - № 4 - P. 229-233
- Popova N.K. Brain serotonin metabolism during water deprivation and hydration in rats / N.K. Popova, L.N. Ivanova, T.G. Amstislavskaya, and others // *Neurosci Behav Physiol.* – 2001 – V. 3 - № 3 – P. 327-32

Список литературы на английском языке / References in English

- Weinberg J. Neurobiology of chronic mild stress: parallels to major depression / J. Weinberg // *Neurosci. Biobehav. Rev.* – 2012 - V.36. – P. 2085–2117. doi:10.1016/j.neubiorev.2012.07.001
- Nemets V.V. Stress and neurobiology of coping styles. National Psychological Journal, [Natsional'nyy psikhologicheskii zhurnal] / Nemets V.V., Vinogradova E.P., 2017, № 2, P. 59–72. doi: 10.11621/npj.2017.0207 [in Russian]

3. Kogan B.M. Chuvstvitel'nyy i bystryy metod odnovremennogo opredeleniya defamina noradrenalina, serotoninina i 5-oksindoluksusnoy kisloty v odnoy probe. [Sensitive and fast method for the simultaneous determination of defamine norepinephrine, serotonin and 5-oxindolucetic acid in one sample.] / B.M. Kogan, N.V. Nechayev // «Labirat. delo» - 1979 - №5 - P.301 [in Russian]
4. Lalonde R. The effects of cerebellar damage on maze learning in animals / R. Lalonde, C. Strazielle // Cerebellum. – 2003 – V. 2, № 4. – P. 300-9.
5. Sinclair D. Impacts of stress and sex hormones on dopamine neurotransmission in the adolescent brain / D. Sinclair, T. D. Purves-Tyson, K. M. Allen and others // Psychopharmacology – 2014 – V. 231 – P. 1581–1599
6. Chrousos G.P. Stress and disorders of the stress system / G.P. Chrousos // Nat. Rev. Endocrinol. – 2009 – V. 5 – P. 374–381 (doi:10. 1038/nrendo.2009.106)
7. Bruce S. McEwen Mechanisms of stress in the brain / Bruce S. McEwen, Nicole P. Bowles, Jason D. Gray, and others // Nat. Neurosci. - 2015 – V. 18 – P. 1353-1363
8. Jankord R. Limbic regulation of Hypothalamo-Pituitary-Adrenocortical function during acute and chronic stress / R. Jankord, J. P. Herman // Annals of the New York Academy of Sciences. – 2008 – V. 1148 - № 1 – P.64–73.
9. Owens M.J. Physiology and pharmacology of corticotropin-releasing factor / M. J. Owens, C. B. Nemeroff // Pharmacol Rev. – 1991 – V.43 -№ 4 - P.425–473.
10. Green M.R. Sex and stress steroids in adolescence: Gonadal regulation of the hypothalamic-pituitary-adrenal axis in the rat / M.R. Green, C.M. McCormick //Gen Comp Endocrinol. – 2016 – V. 234. – P.110-6.
11. Jong-Woo S. Network of hypothalamic neurons that control appetite / Jong-Woo S. // BMB Rep., - 2015 - V. 48. - № 4 - P. 229-233
12. Popova N.K. Brain serotonin metabolism during water deprivation and hydration in rats / N.K. Popova, L.N. Ivanova, T.G. Amstislavskaya, and others // Neurosci Behav Physiol. – 2001 – V. 3 - № 3 – P. 327-32

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.83.5.016>**ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕРМАТОГЛИФИЧЕСКИХ И СОМАТОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
ВАТЕРПОЛИСТОК ПОДРОСТКОВОГО ПЕРИОДА РАЗЛИЧНЫХ ИГРОВЫХ АМПЛУА**

Научная статья

Нененко Н.Д.^{1,*}, Гимаев А.А.²¹ ORCID: 0000-0003-4535-3435;^{1,2} Югорский государственный университет, Ханты-Мансийск, Россия

* Корреспондирующий автор (n_nenenko[at]ugrasu.ru)

Аннотация

В ходе исследования определена связь соматотипологических и дерматоглифических характеристик спортсменов с их игровой ролью. У нападающих чаще встречался пальцевый рисунок «завиток», у защитниц преобладал рисунок «петля». Нападающие превосходили ватерполисток других игровых амплуа по тотальным размерам тела, несколько большими обхватами и большими абсолютными содержаниями мышечного и жирового компонентов. Защитницы отличались большей вытянутостью скелета, характерной их особенностью явилось большие длины верхних и нижних конечностей и их звеньев. Кроме того, в ходе исследования выявлено, что спортсменки-ватерполистки, различавшиеся по игровой функции, имели разные типы телосложения, так у защитниц обнаружены экто-мезоморфный (60%) и мезо-эктоморфный (40%) типы конституции, у нападающих отмечено большее разнообразие выявленных соматотипов: эндо-эктоморфный (40%), мезо-эндоморфный (30%), эндо-мезоморфный (20%), мезоморфный (10%).

Ключевые слова: дерматоглифика, соматотипологические характеристики, водное поло, игровое амплуа.

**STUDY OF DERMATOGLYPHIC AND SOMATOMETRIC INDICATORS OF WATER POLO PLAYERS OF
THE TEENAGE PERIOD OF VARIOUS PLAYING ROLES**

Research article

Nenenko N.D.^{1,*}, Gimaev A.A.²¹ ORCID: 0000-0003-4535-3435;^{1,2} Yugra State University, Khanty-Mansiysk, Russia

* Corresponding author (n_nenenko[at]ugrasu.ru)

Abstract

The connection of the somatotypological and dermatoglyphic characteristics of athletes with their playing role was determined in the study. Forwards often have a “whirl” finger pattern, while the “loop” pattern dominates for defenders. Forwards exceed water polo players of other game roles in the overall body size, they have a little bit larger girths and larger absolute contents of muscle and fat components. Defenders are characterized by a greater length of a skeleton; their characteristic feature was the large lengths of the upper and lower extremities and their links. Also, in the study, it was revealed that the water polo players, who differed in game function, had different body types. Thus defenders have ecto-mesomorphic (60%) and meso-ectomorphic (40%) types of constitution, forwards have a greater variety identified somatotypes: endo-ectomorphic (40%), meso-endomorphic (30%), endo-mesomorphic (20%), mesomorphic (10%).

Keywords: dermatoglyphics, somatotypological characteristics, water polo, playing role.

Введение

Отличительной особенностью современного развития спорта является раннее вовлечение детей и подростков в интенсивную тренировочную и соревновательную деятельность [1, С. 8], [2, С. 297]. Это создает предпосылки для поиска новых организационных форм и повышения эффективности существующих средств и методов учебно-тренировочной работы, позволяющих осуществить своевременный отбор одаренных детей и подростков для пополнения рядов квалифицированных спортсменов.

Выявление двигательного одаренных детей – продолжительный процесс, связанный с этапным анализом генетических особенностей, показателей морфологических, функциональных и психических функций, которые в совокупности будут определять успешность спортивной деятельности. Учет этих закономерностей необходим, прежде всего, в пубертатный период онтогенеза, в котором, с одной стороны, особенно активно формируются психофизиологические структуры, отвечающие за формирование индивидуального стиля деятельности, с другой, этот период является сенситивным для развития ряда перцептивных, психомоторных и когнитивных качеств, которые определяют успешность спортивной деятельности [1, С. 34], [2, С. 297]. Учет генетических задатков юных спортсменов и особенностей антропометрического статуса девушек в процессе формирования стиля игровой деятельности в таком виде спорта, как водное поло делает актуальной проблему исследования.

В связи с чем, целью данного исследования явилось изучение уровня физического развития и особенностей дерматоглифических показателей юных ватерполисток различных игровых амплуа.

Методы и принципы исследования

Для решения поставленных в работе задач была проведена оценка антропометрического статуса испытуемых на базе лаборатории по направлению «Физическая культура» (бакалавриат и магистратура) Гуманитарного института ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет», г. Ханты-Мансийска. В исследовании принимали участие 18 юных спортсменок в возрасте 13-16 лет, занимающихся водным поло в БУ «ЦСПСКЮ» ХМАО-Югры. Стаж занятий водным поло составлял не менее 4 лет. В зависимости от игровых ролей ватерполистки были разделены на две группы: нападающие (10 человек), защитники (8 человек).

Морфологические исследования проводили по традиционным антропометрическим измерениям линейных размеров тела [6, С.133]. У всех испытуемых измеряли массу тела, высоту антропометрических точек, поперечные и обхватные размеры тела, толщину кожно-жировых складок. Была произведена оценка абсолютных и относительных показателей жировой, мышечной и костной масс, рассчитанных с помощью аналитического метода Я. Матейка [6, С.159]. Соматотип определяли по методу Хит-Картера (1969) [6, С.211]. Пальцевая дерматоглифика изучалась стандартным методом с оценкой типа узора (дуга, петля, завиток) и частоты встречаемости.

Основные результаты

В настоящее время показатели пальцевой дерматоглифики активно используют в качестве морфогенетического маркера физических способностей человека [4, С. 52], [5, С. 46].

В результате проведенного исследования выявлены статистически значимые различия в показателях пальцевой дерматоглифики девушек ватерполисток различного игрового амплуа (см. таблицу 1). У нападающих чаще встречался рисунок «завиток» по отношению к защитникам, $3,67 \pm 0,74$ и $2,08 \pm 0,37$ ($p < 0,05$), соответственно. Различий в количестве «дуг» и «петель» между группами испытуемых не обнаружено.

Полученные результаты согласуются с исследованиями Абрамовой Т.Ф., согласно которым преобладание среди пальцевых узоров дуг и петель свидетельствует о хорошем развитии скоростно-силовых качеств, высокое относительное содержание завитков или комбинации завитков-петель чаще встречается у спортсменов, ориентированных на высокие требования к координационным способностям [7, С. 52], [8, С. 15].

Таблица 1 – Особенности пальцевой дерматоглифики у девушек ватерполисток с различным игровым амплуа ($M \pm m$)

Показатели пальцевой дерматоглифики	Нападающие (n=10)	Защитники (n=8)
Петли	$4,08 \pm 0,43$	$4,50 \pm 0,62$
Завитки	$3,67 \pm 0,74^*$	$2,08 \pm 0,37$
Дуги	$2,25 \pm 0,62$	$3,00 \pm 0,84$

Примечание: * - различия достоверны ($p < 0,05$) между соответствующими показателями

Морфологическая адаптация организма к физическим нагрузкам характерна для каждого вида спорта и зависит от особенностей специализации. Дорохов Р.Н с соавторами предполагает, что в каждом виде спорта под влиянием специфических тренировочных нагрузок и спортивного отбора формируются модельные соматотипологические характеристики спортсменов, определяющие достижение наиболее высокого спортивного результата [3, С. 42].

В результате проведенных антропометрических исследований отмечены отличия в соматометрическом статусе девушек-ватерполисток, имеющих различные игровые амплуа: нападающие характеризовались большей массой тела и превосходили защитниц по некоторым обхватным размерам, при этом защитницы имели более «вытянутое» телосложение и отличались от нападающих по длинам верхней и нижней конечностей и их звеньев (см. таблицу 2).

Таблица 2 – Особенности антропометрического статуса девушек ватерполисток с различным видом амплуа ($M \pm m$)

Показатели	Нападающие (n=10)	Защитники (n=8)
Тотальные размеры тела		
Рост, см	$159,58 \pm 1,76$	$162,75 \pm 1,82$
Масса, кг	$62,58 \pm 3,35^*$	$53,24 \pm 2,26$
Продольные размеры тела		
Длина туловища, см	$56,67 \pm 1,28$	$56,67 \pm 0,91$
Длина руки, см	$69,83 \pm 0,93^*$	$71,46 \pm 0,97$
Длина плеча, см	$28,29 \pm 0,74$	$28,29 \pm 0,53$
Длина предплечья, см	$22,67 \pm 0,37^*$	$23,96 \pm 0,53$
Длина кисти, см	$18,88 \pm 0,23^*$	$19,21 \pm 0,30$
Длина ноги, см	$83,56 \pm 1,02^*$	$86,90 \pm 1,30$
Длина бедра, см	$38,69 \pm 0,76$	$39,44 \pm 0,72$
Длина голени, см	$37,21 \pm 0,57^*$	$39,42 \pm 0,66$
Поперечные размеры тела		
Акромиальный диаметр, см	$33,29 \pm 0,63$	$33,54 \pm 0,52$
Тазогребневый диаметр, см	$23,80 \pm 0,53$	$24,46 \pm 0,56$
Диаметр дистальной части плеча, см	$6,22 \pm 0,09$	$6,11 \pm 0,12$
Диаметр дистальной части предплечья, см	$5,40 \pm 0,10$	$5,45 \pm 0,09$
Диаметр дистальной части бедра, см	$7,67 \pm 0,20$	$7,75 \pm 0,13$
Диаметр дистальной части голени, см	$5,92 \pm 0,12^*$	$5,67 \pm 0,14$
Обхватные размеры тела		
Обхват грудной клетки на вдохе, см	$94,67 \pm 1,94^*$	$89,83 \pm 1,59$
Обхват грудной клетки на выдохе, см	$88,33 \pm 2,13$	$83,13 \pm 1,60$
Обхват плеча верхнего, см	$27,45 \pm 1,01$	$25,08 \pm 0,53$
Обхват предплечья, см	$22,46 \pm 0,68$	$21,79 \pm 0,29$
Обхват бедра верхний, см	$54,13 \pm 1,38^*$	$49,04 \pm 1,33$
Обхват голени максимальный, см	$34,71 \pm 1,15$	$32,71 \pm 0,73$

Примечание: * - различия достоверны ($p < 0,05$) между соответствующими показателями

Компонентный состав тела девушек ватерполисток различного амплуа также имел различия: большее развитие подкожно-жировой клетчатки выявлено у нападающих, отличий по показателям площади тела и абсолютному количеству мышечной массы не обнаружено (см. таблицу 3).

Таблица 3 – Компонентный состав тела девушек ватерполисток различного амплуа (М±m)

Показатели	Нападающие (n=10)	Защитники (n=8)
Площадь тела, м ²	1,60±0,24	1,53±0,40
Жировая масса, кг	6,03±0,80*	4,90±0,42
Мышечная масса, кг	27,89±2,08	26,41±1,13

Примечание: * - различия достоверны ($p < 0,05$) между соответствующими показателями

Схема соматотипирования Хит-Картера (1969) подразумевает оценку конституции человека, состоящей из трёх последовательных чисел, каждое из которых представляет собой характеристику одного из трёх первичных компонентов телосложения, отражающих индивидуальные вариации форм и состава тела человека [6]. К первичным компонентам телосложения, согласно, Хит Картеру (1969) относятся эндоморфия, мезоморфия и эктоморфия: первый компонент (эндоморфия) характеризует развитие жирового компонента, второй (мезоморфия) – мышечного и костного компонентов; третий (эктоморфия) – относительную вытянутость тела и пропорциональность телосложения [6, С.211].

В ходе исследования выявлено, что спортсменки-ватерполистки, различавшиеся по игровой функции, имели разные типы телосложения, так у защитниц обнаружены экто-мезоморфный (60%) и мезо-эктоморфный (40%) типы конституции, у нападающих отмечено большее разнообразие выявленных соматотипов: эндо-эктоморфный (40%), мезо-эндоморфный (30%), эндо-мезоморфный (20%), мезоморфный (10%) .

Заключение

Таким образом, в ходе проведенного исследования обнаружена зависимость между анатомо-морфологическими особенностями ватерполисток и их игровой специализацией. Выявлены статистически значимые различия в показателях пальцевой дерматоглифики юных ватерполисток различного игрового амплуа: у защитниц чаще встречался рисунок «петля», у нападающих – «завиток». Преобладание среди пальцевых узоров дуг и петель говорит о повышенной выносливости к соревновательной деятельности, а высокое относительное содержание завитков или комбинации завитков-петель чаще встречается у спортсменов, ориентированных на высокие требования к координационным способностям [7, С. 52], [8, С. 15].

Нападающие превосходили ватерполисток других игровых амплуа по массе тела, несколько большими обхватами размерами и большим абсолютным содержанием жирового компонента. Полученные результаты согласуются с другими исследованиями в данной области и обусловлены функциями, которые выполняют нападающие на поле, через них строится вся игра, они должны быть мощными и хорошо физически развитыми, поскольку для успешного завершения атаки пробивают по воротам соперника с препятствиями. Защитницы отличаются от других ватерполисток большей вытянутостью скелета, характерной их особенностью являются длинные конечности, так как защитники должны противостоять мощным центральным нападающим противника и должны иметь преимущество в длине рук, что позволяет опережать соперников в борьбе за мяч, а с помощью специальных плавательных упражнений, рывков и поворотов (большое значение для эффективного выполнения которых имеет длина рук и сегментов) более эффективно бороться за выбор места [9, С. 44], [10, С. 81].

Таким образом, в ходе проведенного исследования доказано, что морфометрические и дерматоглифические показатели являются надежными критериями в процессе спортивной ориентации в водном поло в подростковом периоде онтогенеза.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Бальсевич В.К. К проблеме физкультурно-спортивной ориентации / В.К. Бальсевич, В.П. Филин. – Москва: Теория и практика физ. культуры, 2009. – 123 с.
2. Дорохов Р.Н. Интеграция соматометрических и функциональных показателей детей и подростков / Р.Н. Дорохов, В.Н. Чернова, О.М. Бубненко // Известия Смоленского государственного университета. – 2016. - № 1 (33) – С. 291-297.
3. Дорохов Р.Н. Место конституциологии в спорте / Р.Н. Дорохов, В.Н. Чернова // Теория и практика физической культуры. – 2010. - №12. – С. 39-42.
4. Сергиенко Л.П. Пальцевая дерматоглифика в прогнозе поведенческих реакций спортсменов различной успешности при подготовке к основным стартам / Л.П. Сергиенко, Т.Ф. Абрамова, Т.М. Никитина, Н.И. Кочеткова // Вестник спортивной науки. – 2012. – № 6. – С. 45-52.
5. Сологуб Е.В. Взаимосвязь показателей пальцевой дерматоглифики и психологических особенностей в условиях стресса на примере спортсменов академической гребли / Е.В. Сологуб, Т.Ф. Абрамова, Т.М. Никитина // Вестник спортивной науки. – 2011. - №6. – С. 41-46.
6. Дорохов Р.Н. Спортивная морфология: учеб. пособие / Р.Н. Дорохов, В.П. Губа. – Москва : СпортАкадемПресс, 2002 – 236 с.
7. Сологуб Е.В. Прогностические возможности пальцевых дерматоглифов на этапах спортивного совершенствования / Е.В. Сологуб, Т.Ф. Абрамова // Вестник спортивной науки. – 2014. – № 5. – С. 47-52.
8. Абрамова Т.Ф. Возможности использования пальцевой дерматоглифики в спортивном отборе / Т.Ф. Абрамова, Т.М. Никитина, Н.Н. Озолин // Теория и практика физической культуры. – 1995. – № 3. – С. 10-15.

9. Черпакина Л.П. Физиологические основы водных видов спорта : монография / Л.П. Черпакина. – Омск: Изд-во СибГУФК, 2005. – 92 с.

10. Кудряшова Ю.А. Морфологические показатели и асимметрии юных ватерполистов / Ю.А. Кудряшова, Д.А. Ровный, Медведева О.А. и др. // Физическая культура, спорт-наука и практика. – 2018. - №3. С. 74-81.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Bal'sevich V.K. K probleme fizkul'turno-sportivnoj orientacii [To the problem of physical culture and sports orientation] : monograph / V.K. Bal'sevich, V.P. Filin. – Moscow : Theory and practice of physical culture, 2009. – 123 p. [in Russian]

2. Dorohov R.N. Integraciya somatometricheskih i funkcional'nyh pokazatelej detej i podrostkov [Integration of somatometric and functional indicators of children and adolescents] / R.N. Dorohov, V.N. Chernova, O.M. Bubnenkova // Izvestiya Smolenskogo gosudarstvennogo universiteta. [News of Smolensk State University] – 2016. - № 1 (33) – P. 291-297. [in Russian]

3. Dorohov R.N. Mesto konstituciiologii v sporte [Place of constitutional science in sport] / R.N. Dorohov, V.N. Chernova // Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury [Theory and practice of physical culture]. – 2010. – №12. – P. 39-42. [in Russian]

4. Sergienko L.P. Pal'cevaya dermatoglifika v prognoze povedencheskih reakcij sportsmenov razlichnoj uspešnosti pri podgotovke k osnovnym startam [Finger dermatoglyphics in the prediction of behavioral reactions of athletes of varying success in preparation for the main starts] / L.P. Sergienko, T.F. Abramova, T.M. Nikitina, N.I. Kochetkova // Vestnik sportivnoj nauki [Bulletin of Sports Science]. – 2012. – № 6. – P. 45-52. [in Russian]

5. Sologub E.V. Vzaimosvyaz' pokazatelej pal'cevoj dermatoglifiki i psihologicheskikh osobennostej v usloviyah stressa na primere sportsmenok akademicheskoy grebli [The relationship of finger dermatoglyphics and psychological characteristics under stress on the example of athletes rowing] / E.V. Sologub, T.F. Abramova, T.M. Nikitina // Vestnik sportivnoj nauki [Bulletin of Sports Science]. – 2011. - №6. – P. 41-46. [in Russian]

6. Dorohov R.N. Sportivnaya morfologiya [Sports morphology] : schoolbook / R.N. Dorohov, V.P. Guba. – Moscow : SportAkademPress, 2002 – 236 p. [in Russian]

7. Sologub E.V. Prognosticheskie vozmožnosti pal'cevyh dermatoglifov na etapah sportivnogo sovershenstvovaniya [Predictive possibilities of digital dermatoglyphs at the stages of sports improvement] / E.V. Sologub, T.F. Abramova // Vestnik sportivnoj nauki [Bulletin of Sports Science]. – 2014. – № 5. – S. 47-52. [in Russian]

8. Abramova T.F. Vozmožnosti ispol'zovaniya pal'cevoj dermatoglifiki v sportivnom otbore [Possibilities of using finger dermatoglyphics in sports selection] / T.F. Abramova, T.M. Nikitina, N.N. Ozolin // Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury [The theory and practice of physical culture]. – 1995. – № 3. – P. 10-15. [in Russian]

9. Cherapkina L.P. Fiziologicheskie osnovy vodnyh vidov sporta [Physiological basis of water sports] : monograph / L.P. Cherpakina. – Омск: Publishing house SibGUFGK, 2005. – 92 p. [in Russian]

10. Kudryashova YU.A. Morfologicheskie pokazateli i asimmetrii yunyh vaterpolistov [Morphological indicators and asymmetries of young water polo players]/ YU.A. Kudryashova, D.A. Rovnyj, Medvedeva O.A. and other. // Fizicheskaya kul'tura, sport-nauka i praktika [Physical culture, sports science and practice]. – 2018. - №3. – P. 74-81. [in Russian]

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ / CHEMISTRY

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.83.5.017>

СИНТЕЗ ДИОКСИМА ДЕКАГИДРОАКРИДИНДИОНА

Научная статья

Чигорина Т.М. *

Северо-Осетинский государственный университет им. К. Л. Хетагурова, Владикавказ, Россия

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

Аннотация

В работе рассмотрены реакции оксимирования 9-(3,5-ди-*трет*-бутил-4-гидроксифенил)-3,3,6,6-тетраметил-3,4,6,7,9,10-гексагидроакридин-1,8(2Н,5Н)-диона. Установлено, что атака нуклеофильных реагентов на карбонильные группы в гексагидроакридин-1,8(2Н,5Н)-дионах протекает с сохранением 1,4-дигидропиридинового фрагмента и образованием моно- и дизамещенных производных. Структура исходного 9-(3,5-ди-*трет*-бутил-4-гидроксифенил)-3,3,6,6-тетраметил-3,4,6,7,9,10-гексагидроакридин-1,8(2Н,5Н)-диона и его диоксима подтверждена методом ЯМР ^1H спектроскопии.

Ключевые слова: 3,4,6,7,9,10-гексагидроакридин-1,8(2Н,5Н)-дион, оксимирование, диоксим акридиндиона, пространственно-затрудненный фенол.

SYNTHESIS OF DECAHYDROACRIDINION DIOXIME

Research article

Chigorina T.M. *

North Ossetian State University named after. K.L. Khetagurov, Vladikavkaz, Russia

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

Abstract

The work considers the reactions of oximatization of 9-(3,5-di-*tret*-butyl-4-hydroxyphenyl)-3,3,6,6-tetramethyl-3,4,6,7,9,10-hexahydroacridine-1,8(2H, 5H)-dione. It was found that the attack of nucleophilic reagents on carbonyl groups into hexahydroacridin-1,8(2H, 5H)-diones proceeds with preservation of the 1,4-dihydropyridine fragment and the formation of mono- and disubstituted derivatives. The structure of the starting 9-(3,5-di-*tret*-butyl-4-hydroxyphenyl) -3,3,6,6-tetramethyl-3,4,6,7,9,10-hexahydro-acridine-1,8 (2H, 5H)-dione and its dioxime confirmed by ^1H NMR spectroscopy.

Keywords: 3,4,6,7,9,10-hexahydroacridine-1,8 (2H, 5H)-dione, oximation, acridinedione dioxime, spatial-obstructed phenol.

1,8-Диоксодекагидроакридины обладают широким спектром практически полезных свойств, важнейшими из которых являются биологическая активность и открытая в последние годы возможность их использования в качестве лазерных красителей [1], [2], [3].

Реакции нуклеофильного замещения карбонильных групп в декагидроакридин-1,8-дионах на оксимные под действием солянокислого гидросиламина сопровождается пиридинизацией гетерокольца (для NH-акридиндионов), образованием пиридиниевого цикла (для 10-R-замещенных субстратов) и, что наиболее важно, протекает с сохранением 1,4-дигидропиридинового фрагмента (для 9,10-дизамещенных субстратов).

В литературе мало приведено сведений, касающихся реакций декагидроакридин-1,8-дионов с участием карбонильных функциональных производных. Примером может служить работа [4], в которой отмечается, что образование диоксимов незамещенного в положениях 9-арилзамещенных декагидроакридин-1,8-дионов сопровождается окислением 1,4-дигидропиридинового фрагмента.

Данная работа посвящена изучению реакции оксимирования 9-(3,5-ди-*трет*-бутил-4-гидроксифенил)-3,3,6,6-тетраметил-3,4,6,7,9,10-гексагидроакридин-1,8 (2Н,5Н)-диона и последующего восстановления образующегося диоксима до соответствующего диамина – 9-(3,5-ди-*трет*-бутил-4-гидроксифенил)-декагидро-1,8-диаминакридина, а также изучению физико-химических свойств синтезированных соединений.

Диоксим декагидроакридиндиона получен реакцией оксимирования, путем взаимодействия спиртовых растворов декагидроакридиндиона (0,01 моль) и хлоргидрата гидросиламина (0,02 моль), в присутствии тригидрата ацетата натрия (Схема 1).

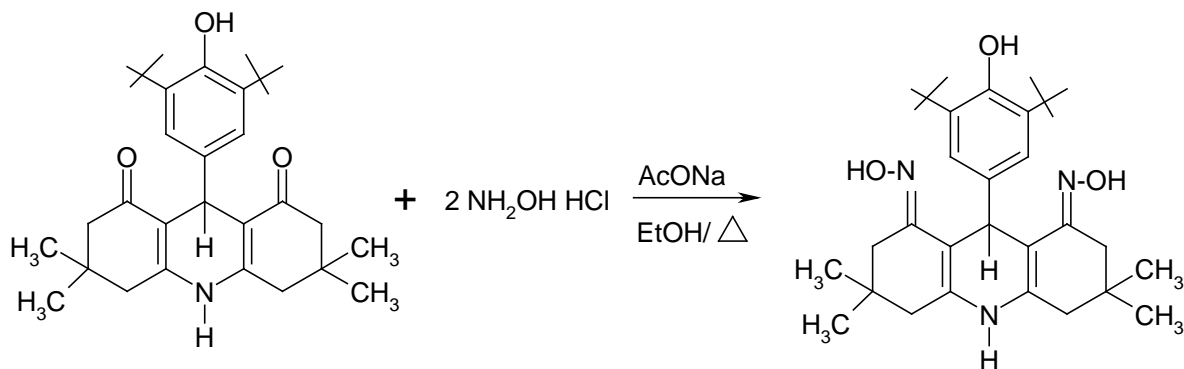


Рис. 1 – Схема реакции получения диосима декагидроакридиндиона

Полученное вещество сушили и перекристаллизовывали из гексана. Выход 80-82% с т. пл. 172-173 °С.

Спектр ЯМР ^1H (δ , м. д., CDCl_3): 0,96 (H_{CH_3}); 1,39 ($\text{H}_{\text{t-Bu}}$); 2,27-2,55 (H_{CH_2}); 3,84 ($\text{H}_{\text{гетерокольца при C9}}$); 6,85 (H_{Ar}); 9,67 ($\text{H}_{\text{он}}$).

Известно, что при действии гидроксилamina, соединения, которые содержат дигидропиридиновый цикл, окисляются до пиридиновых производных [5], [6], [7]. Очевидно, наличие заместителей в 9-м и 10-м положениях акридинового цикла соединений повышает стойкость гетероцикла к окислению.

В спектрах ПМР диосима 9-(3,5-ди-*трет*-бутил-4-гидроксифенил)-декагидроакридин-1,8-диона наиболее характерными являются сигналы протонов *трет*-бутильных групп при 1,35-1,52 м.д. (фрагмент пространственно-затрудненного фенола в положении C-9). Химические сдвиги протонов OH-групп проявляются в виде уширенных синглетов в области 11,54-11,64 м.д. В ПМР спектрах исходного 9-(3,5-ди-*трет*-бутил-4-гидроксифенил)-декагидроакридин-1,8-диона наиболее характерными, за исключением сигналов трет-бутильных групп фрагмента пространственно-затрудненного фенола при C-9, являются сигналы метиленовых в области 3,40-3,45 м.д, метинового протона при 4,04 м.д. и в области 4,65-5,56 м.д. (9-арилзамещенные). Химические сдвиги протонов N-H группы присутствуют в области 7,29-7,32 м.д.

Возможный механизм образования октагидроакридиндиона представлен на схеме 2.

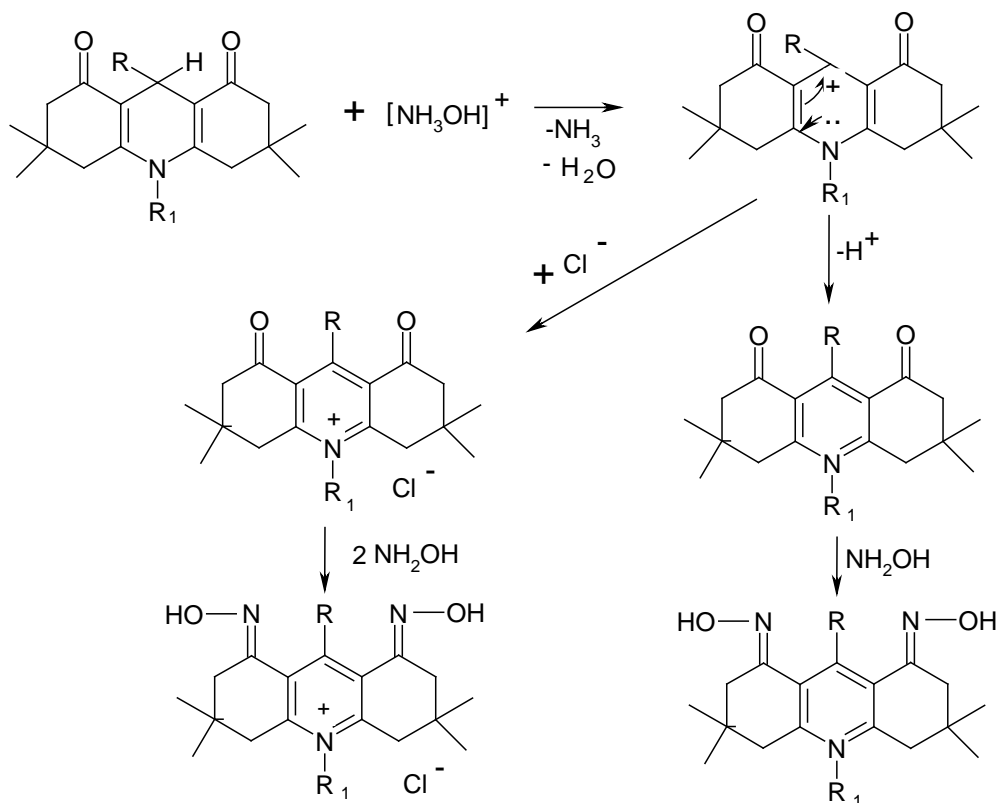


Рис. 2 – Предполагаемый механизм образования октагидроакридиндион

Полизамещением гетероцикла, создающим стерические препятствия в акте межмолекулярного гидрид-переноса, объясняется устойчивость 1,4-дигидропиридинового цикла в 9,10-замещенных декагидроакридиндионах к окислению при оксимировании [8], [9], [10]. Атака нуклеофильных реагентов на карбонильные группы в гексагидроакридин-1,8 (2Н,5Н)-дионах протекает с сохранением 1,4-дигидропиридинового фрагмента и образованием моно- и дизамещенных производных.

Кипячением раствора декагидроакридиндиона с гидрохлоридом гидроксилamina в пиридине (или с ацетатом натрия в спирте) в течение 2-3 часов с обратным холодильником получен диоксим 9-(3,5-ди-трет-бутил-4-гидроксифенил)-декагидроакридин-1,8-диона.

Структура исходного 9-(3,5-ди-трет-бутил-4-гидроксифенил)-дека-гидроакридин-1,8-диона и его диоксима подтверждена методом ЯМР¹H спектроскопии.

Наличие в молекулах 1,8-диоксидекагидроакридинов таких реакционных центров, как карбонильные группы, дает возможность использовать их в реакциях нуклеофильного замещения и получать ряд новых соединений.

На основании выше изложенного можно сказать, что нами разработаны препаративные методы получения производных декагидроакридин-1,8-дионов - оксимов. Установлено, что замещение карбонильных групп нуклеофильными реагентами в декагидроакридин-1,8-дионах протекает с сохранением 1,4-дигидропиридинового фрагмента с образованием моно- и дизамещенных производных.

В заключении, нами сделаны следующие выводы:

- оксимированием 9-(3,5-ди-трет-бутил-4-гидроксифенил)-3,3,6,6-тетраметил-3,4,6,7,9,10-гексагидроакридин-1,8(2H,5H)-диона синтезирован его диоксим. Показано, что проведение реакции в пиридине с хлоргидратом гидроксилamina или в присутствии ацетата натрия в спиртовом растворе не сказывается на выходе диоксима (выходы сопоставимы).

- установлено, что 9-(3,5-ди-трет-бутил-4-гидроксифенил)-1,8-диамино-декагидроакридиндион образует хорошо кристаллизующиеся соли с минеральными кислотами. В щелочном спиртовом растворе дает темно-красное окрашивание (характерная реакция на 1,4-дигидропиридиновую структуру).

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы/ References

1. Rollas S. Biological activities of hydrazone derivatives. / S. Rollas, S. Güniz Küçüküzüel. // *Molecules*. – 2007. -Vol. 12. - № 6. – P. 1910-1932.
2. Chigorina T.M. Synthesis and Properties of Oligoazomethines Based on Decahydroacridinedione. / T. M. Chigorina, A. A. Arutyunants, E. A. Chigorina. // *Russian Journal of Organic Chemistry*. – 2015. - Vol. 51. - № 10. - pp. 1505–1507.
3. Chigorina T.M. Synthesis and properties of oligoazomethines based on decahydroacridinedione. / Chigorina T.M., Egorov D.I., Chigorina E.A. //9th International Symposium "Molecular mobility and order in polymer systems" – Saint Petersburg. (9-й Международный Симпозиум "Молекулярная Подвижность и Порядок в Полимерных Системах», Санкт-Петербург. – 2017. – P. 132.
4. Чигорина Т.М. Синтез и исследование редокс-реакций в ряду пространственно-затрудненных кетоперимидинов. / Чигорина Т.М., Гузитаева М.Ф. // *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. - 2016. - № 1-5. - С. 7-9.
5. Villa M. Material science for the support design: a powerful challenge for catalysis. / Villa, M. Schiavoni, L. Prati, // *Catal. Sci. Technol.* – 2012. – 2. – pp. 673–682.
6. Pyrko A.N. Synthesis and Transformations of New 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10-Decahydroacridine-1,8-dione Derivatives. / A. N. Pyrko. // *Russian Journal of Organic Chemistry*. - 2008. - vol. 44. - № 8. - pp. 1215–12.
7. Yang C.P. Thermally Stable, Organosoluble, and Colorless Poly(ether imide)s Having Ortho-Linked Aromatic Units in the Main Chain and Trifluoromethyl Pendent Groups. / Yang C.P. Wang J.-M., Su Y.Y. and others // *Macromol Chem Phys*. – 2006. – Vol. 207 (12). - P. 1049–1061.
8. Чигорина Т.М. Синтез и окислительно-восстановительные реакции декагидротетраазаакридина с фрагментом пространственно-затрудненного фенола. / Чигорина Т.М., Горбунов А.И., Егоров Д.И. // *Химическая наука: современные достижения и историческая перспектива*. - ИП Синяев Д. Н. - Казань, 2015. - С. 142-144.
9. Tsai C.L. Highly Transparent Polyimide Hybrids for Optoelectronic Applications. / Tsai C.L., Yen H.J., Liou G.S. // *React. Funct. Polym.* - 2016. –Vol. 108. – P. 2-30.
10. Половков Н.Ю. Предварительная химическая модификация полимеров с концевыми амино-группами для исследования методом масс-спектрометрии с источником МАЛДИ / Половков Н.Ю., Борисов Р.С. // *Сборник тезисов XVIII международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых учёных «Ломоносов-2010»*. - Москва. - 2011. С. 162-164.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Rollas S. Biological activities of hydrazone derivatives. / S. Rollas, S. Güniz Küçüküzüel. // *Molecules*. – 2007. -Vol. 12. - № 6. – P. 1910-1932.
2. Chigorina T.M. Synthesis and Properties of Oligoazomethines Based on Decahydroacridinedione. / T. M. Chigorina, A. A. Arutyunants, E. A. Chigorina. // *Russian Journal of Organic Chemistry*. – 2015. - Vol. 51. - № 10. - pp. 1505–1507.
3. Chigorina T.M. Synthesis and properties of oligoazomethines based on decahydroacridinedione. / Chigorina T.M., Egorov D.I., Chigorina E.A. //9th International Symposium "Molecular mobility and order in polymer systems" – Saint Petersburg. (9-й Международный Симпозиум "Молекулярная Подвижность и Порядок в Полимерных Системах», Санкт-Петербург. – 2017. – P. 132.
4. Chigorina T.M. Sintez i issledovanie redoks-reakcij v ryadu prostranstvenno-zatrudnennyh ketoperimidinov [Synthesis and study of redox reactions in a series of spatially obstructed ketoperimidines]. Chigorina TM, Guzitaeva M.F. // *Aktual'nye problemy gumanitarnyh i estestvennyh nauk* [Actual problems of the humanities and natural sciences]. - 2016. - № 1-5. - pp. 7-9. [in Russian]
5. Villa, M. Schiavoni, L. Prati, Material science for the support design: a powerful challenge for catalysis. // *Catal. Sci. Technol.* – 2012. – 2. – pp. 673–682.

6. A. N. Pyrko. Synthesis and Transformations of New 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10-Decahydroacridine-1,8-dione Derivatives. // *Russian Journal of Organic Chemistry*. - 2008. - vol. 44. - № 8. - pp. 1215–12.
7. Yang C.P. Wang J.-M., Su Y.-Y., Hsiao S.-H. Thermally Stable, Organosoluble, and Colorless Poly(ether imide)s Having *Ortho*-Linked Aromatic Units in the Main Chain and Trifluoromethyl Pendent Groups. // *Macromol Chem Phys*. – 2006. – Vol. 207 (12). - P. 1049–1061.
8. Chigorina T.M. Sintez i okislitel'no-vosstanovitel'nye reakcii dekahidrotetraazaakridina s fragmentom prostranstvenno-zatrudnennogo fenola [Synthesis and redox reactions of decahydrotetraazaridine with a fragment of a hindered phenol] / Chigorina, TM, Gorbunov, AI, Egorov, D.I. and others // *Himicheskaya nauka: sovremennye dostizheniya i istoricheskaya perspektiva* [Chemical science: modern achievements and historical perspective]. - IP Sinyaev D.N.-Kazan, 2015. - p. 142-144. [in Russian]
9. Tsai C.L. Highly Transparent Polyimide Hybrids for Optoelectronic Applications / Tsai C.L., Yen H.J., Liou G.S. // *React. Funct. Polym.* - 2016. –Vol. 108. – P. 2-30.
10. Polovkov N.Yu. Predvaritel'naya himicheskaya modifikaciya polimerov s koncevymi amino-gruppami dlya issledovaniya metodom mass-spektrometrii s istochnikom MALDI [Preliminary chemical modification of polymers with terminal amino groups for research using mass spectrometry with a MALDI source] / Polovkov N.Yu., Borisov R.S. // *bornik tezisov XVIII mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii studentov, aspirantov i molodyh uchyonyh «Lomonosov-2010»* [Collection of theses of the XVIII International Scientific Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists "Lomonosov-2010"]. - Moscow. - 2011. C. 162-164. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.83.5.018>**ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОСТ КАРДИОХИРУРГИЧЕСКИХ ГНОЙНО-СЕПТИЧЕСКИХ ИНФЕКЦИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОСНОВНОГО ДИАГНОЗА**

Научная статья

Настас А.Ф. *

ORCID: 0000-0002-3992-9242,

Государственный университет медицины и фармации им. Н.Тестемитану, Кишинёв, Молдова

* Корреспондирующий автор (aliona.nastas[at]usmf.md)

Аннотация

В течение последнего десятилетия, инфекции связанные с оказанием медицинской помощи (ИСМП), становятся все более тревожной проблемой общественного здравоохранения даже в развитых и промышленно развитых странах. Эти инфекции имеют специфические эпидемиологические аспекты в разных профильных стационарах. Исследования демонстрирует приобретение гнойно-септических пост-кардиохирургических инфекций в профильном стационаре в зависимости от основного диагноза. Было доказано, что частота гнойно-септических пост-кардиохирургических инфекций выше у пациентов, оперированных в срочном порядке, большинство гнойно-септических инфекций регистрируются у пациентов, проходящих шунтирование, шунтирование плюс одно протезирование плюс одна пластика, шунтирование плюс одно протезирование плюс две пластики, шунтирование плюс одна пластика, шунтирование плюс два протезирования плюс одна пластика, с основными диагнозами: ишемическая болезнь сердца, дискантная аневризма (синдром Марфана), аортальный/ митральный / трехстворчатый порок, эндокардит, ишемическая кардиопатия.

Ключевые слова: гнойно-септические инфекции, эпидемиологический надзор, эпидемический процесс, факторы риска, сердечные заболевания.

EPIDEMIOLOGICAL ASPECTS OF POST-CARDIOSURGICAL SEPTIC-PURULENT INFECTIONS BASED ON BASIC DIAGNOSIS

Research article

Nastas A.T. *

ORCID: 0000-0002-3992-9242,

N.Testemitanu State University of Medicine and Pharmacy, Chisinau, Moldova

* Corresponding author (aliona.nastas[at]usmf.md)

Abstract

Over the last decade, healthcare associated infections (HAI) have been increasingly alarming as a public health problem even in developed and industrialized countries. These infections have a specific epidemiological aspect in hospitals with different medical profiles. This study demonstrates the acquisition of septic-purulent nosocomial infections in the hospital with cardiosurgical profile depending on the basic diagnosis. It has been shown that the incidence of post-cardiosurgical septic-purulent infections is higher in emergency patients, most post-cardiosurgical septic-purulent infections are recorded in patients undergoing bypass, bypass plus one prosthesis plus one plasty, bypass plus one prosthesis plus two plasties, bypass plus one plasty, bypass plus two prostheses plus one plasty, having the diagnosis of cardiopathy, dissecting aneurism (Marfan syndrome), defect of aortic / mitral/ tricuspid valve, endocarditis, cardiopathy.

Keywords: septic-purulent infections, epidemiological surveillance, epidemic process, risk factors, cardiac diseases.

Introduction

Healthcare associated infections (HAI) are a public health problem even in developed and industrialized countries. Of the 10% of the European population hospitalized each year, 5% of them (3.8% - general departments, 15.3% - in the intensive care units (ICU) departments) acquire at least one nosocomial infection. One million seven hundred fifty thousand hospitalized patients are affected annually in Europe through HAI, the mortality rate reaches 175,000 deaths each year [1].

Studies in the USA indicate that nosocomial infections amount to approximately two million, with deaths of 90,000 per year [2]. Health associated infections are complications due to hospitalization and lead to increased morbidity and mortality [3], [4], [5]. These infections prolong hospitalization, require much more extensive diagnosis and treatment, and are associated with additional costs [5], [6], [7]. Numerous published studies describe the risk factors in surgical site infection, especially for sternal infection / deep wound infection. A meta-analysis by a number of Italian researchers to improve the management of infections in cardiac surgery units has highlighted a number of risk factors associated with deep wound infections and surgical risk factors (surgery, duration of operation, emergency mode [8], [9], [10].

The full economic impact due to the morbidity through post-cardiosurgical septic-purulent infections in the period of study 2010 - 2013 in the Republic of Moldova totals MDL 53,111,959.61. Costs incurred as a result of septic-purulent nosocomial cardio-surgical infections have a negative impact, requiring urgent prophylaxis, changing the surveillance and control system of these infections to optimize expenditure and reduce the negative impact on public health [11].

Risk factors for patients with wound infection associated with cardiac surgery were the urgent surgery (18.1%) and the surgical method (procedure), which included operation on the valve defect (14.7%), coronary surgery (65.8%), combined

surgery (14.1%), other heart surgery (5.4%) [12]. In the Republic of Moldova epidemiological studies on morbidity through post-cardiosurgical septic-purulent infections based on basic diagnosis have not been performed.

Material and methods

The study was conducted at the Republican Clinical Hospital "Timofei Mosneaga" during the period of 2010-2013, it includes the active identification of the septic-purulent infections through the research of 1332 records of the hospitalized patients in the Cardiac Surgery of Acquired Defects Department. The recommended case definitions for nosocomial infections with criteria for each location are those set out in the Nosocomial Infection Guidelines, edition II, 2009 [13], and the Guidelines for Surveillance, Prevention and Control of Nosocomial Infections in SCJUPBT in 2016 [14]. The frequency indexes of cardiovascular septic-purulent infections morbidity in 1,000 patients hospitalized or treated.

Results

Of the 418 cases with septic-purulent infections actively detected by the examination of the patient records during the years 2010 - 2013 in the Department of Cardiac Surgery of Acquired Defects, 403 patients or 96.41% were scheduled for surgery, 15 or 3.59% were operated on urgent basis (Table 1, Figure 1).

Table 1 – Incidence of post-cardiosurgical septic-purulent infections based on the type of the surgery during the years 2010 - 2013

Years	Scheduled				Urgent			
	Total no. of operated patients	abs	%	By 1000 surgeries	Total no. of operated patients	abs	%	By 1000 surgeries
2010	338	120	94.49	355.03	15	7	5.51	466.67
2011	256	96	97.96	375.00	4	2	2.04	500.00
2012	246	91	96.81	369.92	3	3	3.19	1000.00
2013	321	96	96.97	299.07	6	3	3.03	500.00
Total	1161	403	96.41	347.11	28	15	3.59	535.71

During the years 2010 – 2013, observing each year, the majority of patients from 94.49% in 2010 up to 96.97% in 2013 were scheduled for surgery and urgent surgeries were performed on 2.04% in 2011 up to 5.51% in 2010.

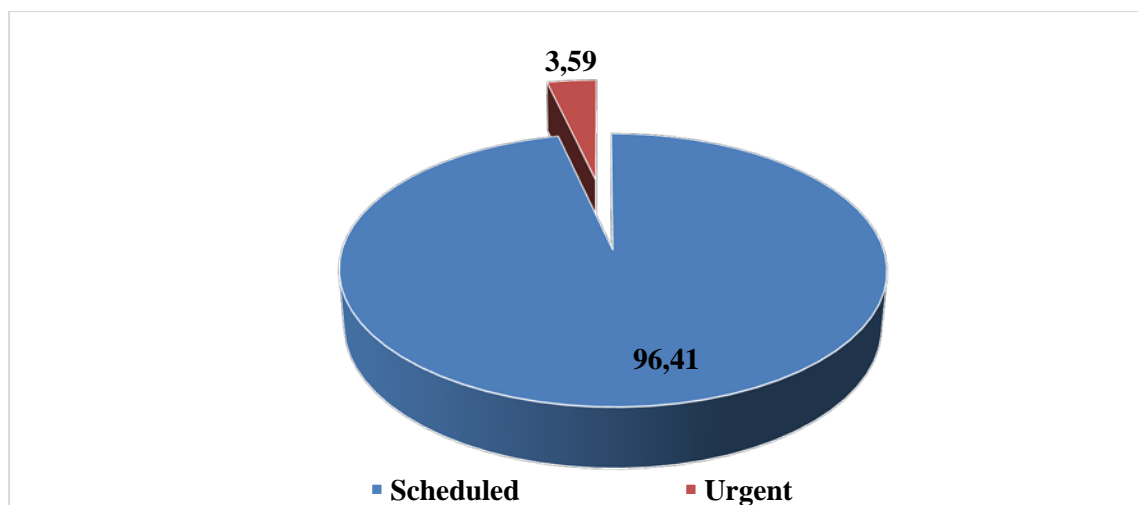


Fig. 1 – Distribution of post-cardiosurgical cases of septic-purulent infections based on surgery type during the years 2010 – 2013 (%)

The septic-purulent infections incidence is higher in patients who are operated urgently (535.71‰) compared to those operated on a scheduled basis (347.11‰) (Figure 2). During the years 2010 - 2013, the septic-purulent infections incidence is also the highest in emergency patients: in 2010 it was 1.32 times higher, in 2011 by 1.34 times, in 2012 by 2.71 times, in 2013 by 1.68 times compared to scheduled operated patients.

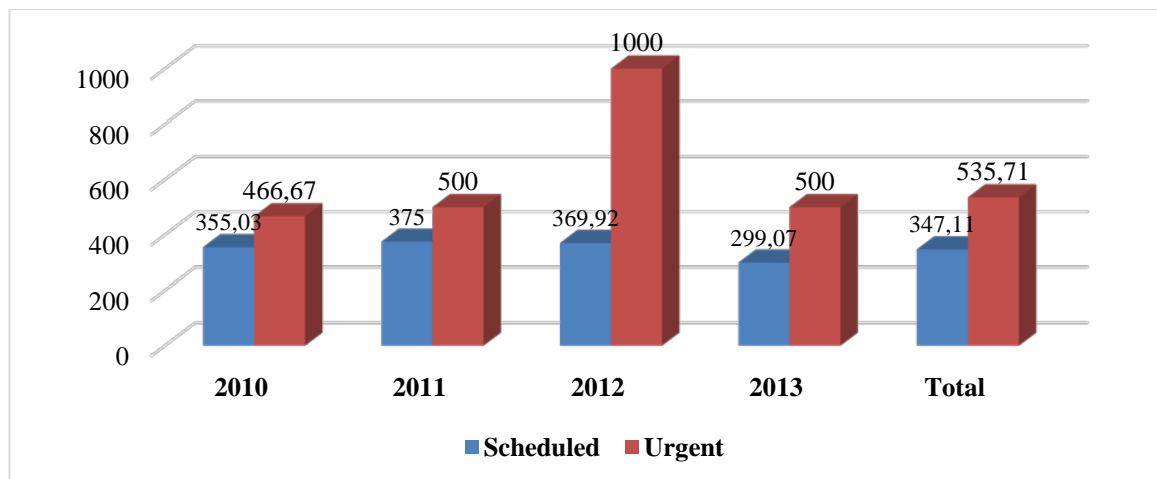


Fig. 2 – Incidence of post-cardiosurgical septic-purulent infections based on type of the surgery (%)

Of the total of 418 cases of cardio-surgical septic-purulent infections during the years 2010-2013, 135 or 32.3% are wound infections, 95 or 22.73% are association related infections, 79 or 18.9% are nosocomial respiratory infections, 71 cases or 16,99% are cardiovascular infections, 20 cases or 4,78% are bone and joint infections (Figure 3).

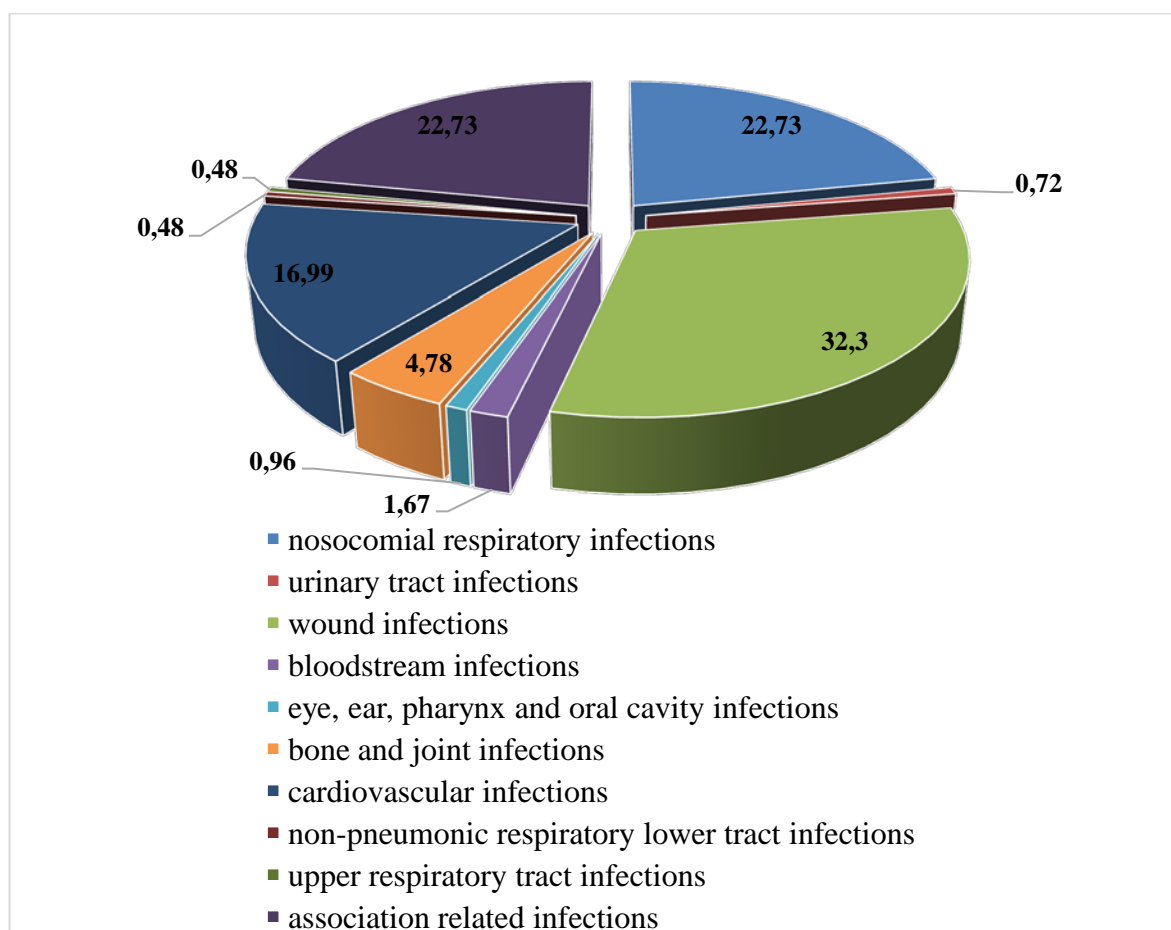


Fig. 3 – Structure of post-cardiosurgical septic-purulent infections during the years 2010 – 2013 (%)

Other cases from 0.48% to 1.67% are infections of the urinary tract (0.72%), bloodstream infections (1.67%), eye, ear, pharynx and oral cavity infections (0.96%), non-pneumonic lower respiratory tract infections (0.48%) and upper respiratory tract infections (0.48%).

They were 95 cases (22.73%) of septic-purulent infections reported in patients who underwent one bypass, 55 cases (13.16%) suffered bypass plus one prosthesis plus one plasty, 52 cases (12.44%) - bypass plus one prosthesis plus two plasties, 37 or 8.85% - bypass plus one plasty, 36 or 8.61% - bypass plus two prostheses plus one plasty, 26 or 6.22% - bypass plus two plasties (Figure 4).

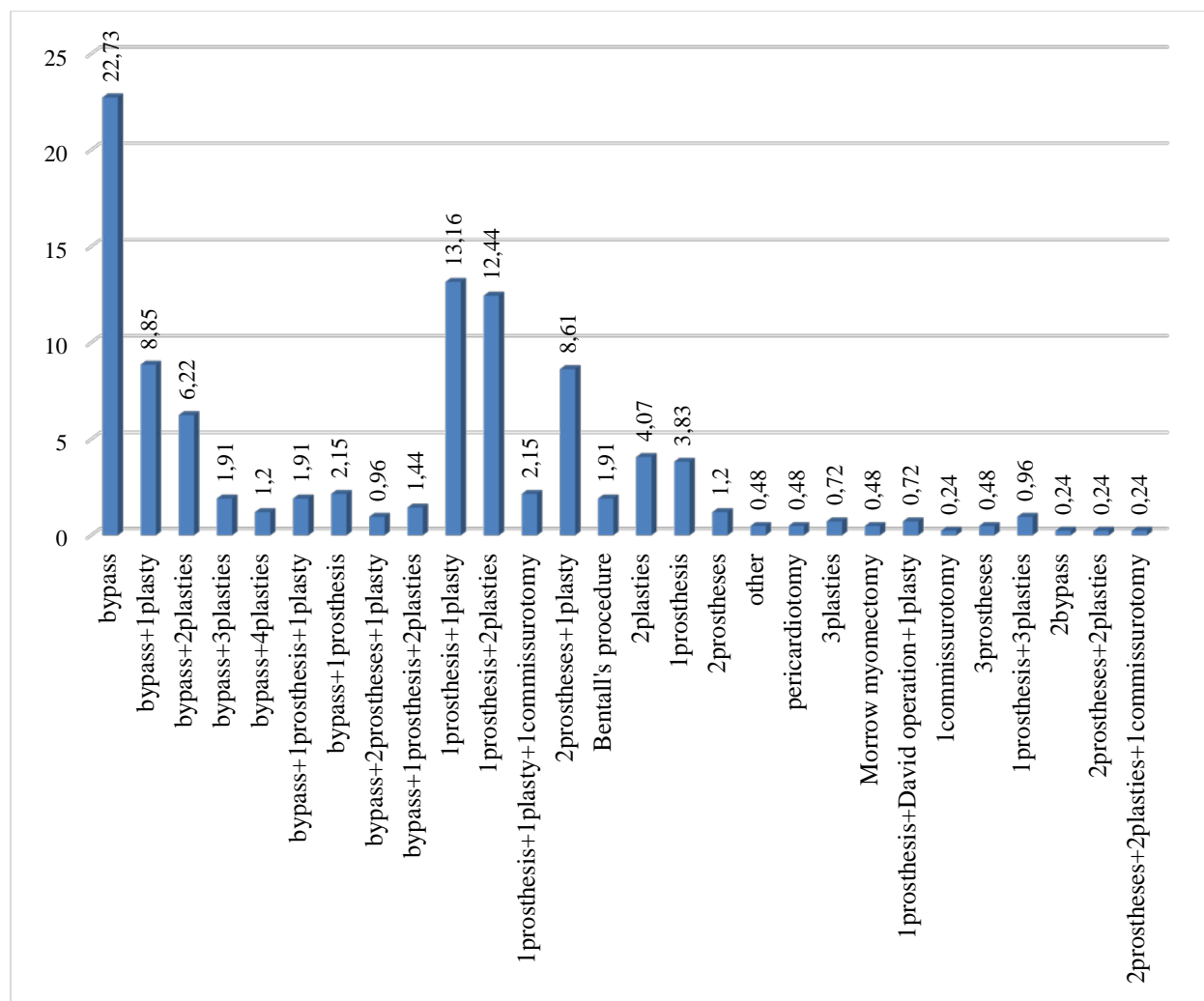


Fig. 4 – Structure of the post-cardiosurgical septic-purulent infections morbidity based on surgeries performed, years 2010 – 2013 (%)

Other cardiac surgeries that are performed consist of 0.24 - 4.07% of post-cardiosurgical septic-purulent infections.

Of 418 cases with septic-purulent infections actively detected during the years 2010 - 2013, 254 or 60.77% of patients had a basic diagnosis of cardiopathy, 106 or 25.36% patients - valvulopathy, 22 or 5.26% of patients - endocarditis, 11 or 2.83% of patients – defect of aortic/mitral/tricuspid valve, 10 patients or 2.39% rheumatism, 8 patients or 1.91% - dissecting aneurism (Marfan syndrome), 4 or 0.96% myxoma, 1 patient or 0.24% - pericarditis, 2 or 0.48% patients - other diagnoses (Figure 5).

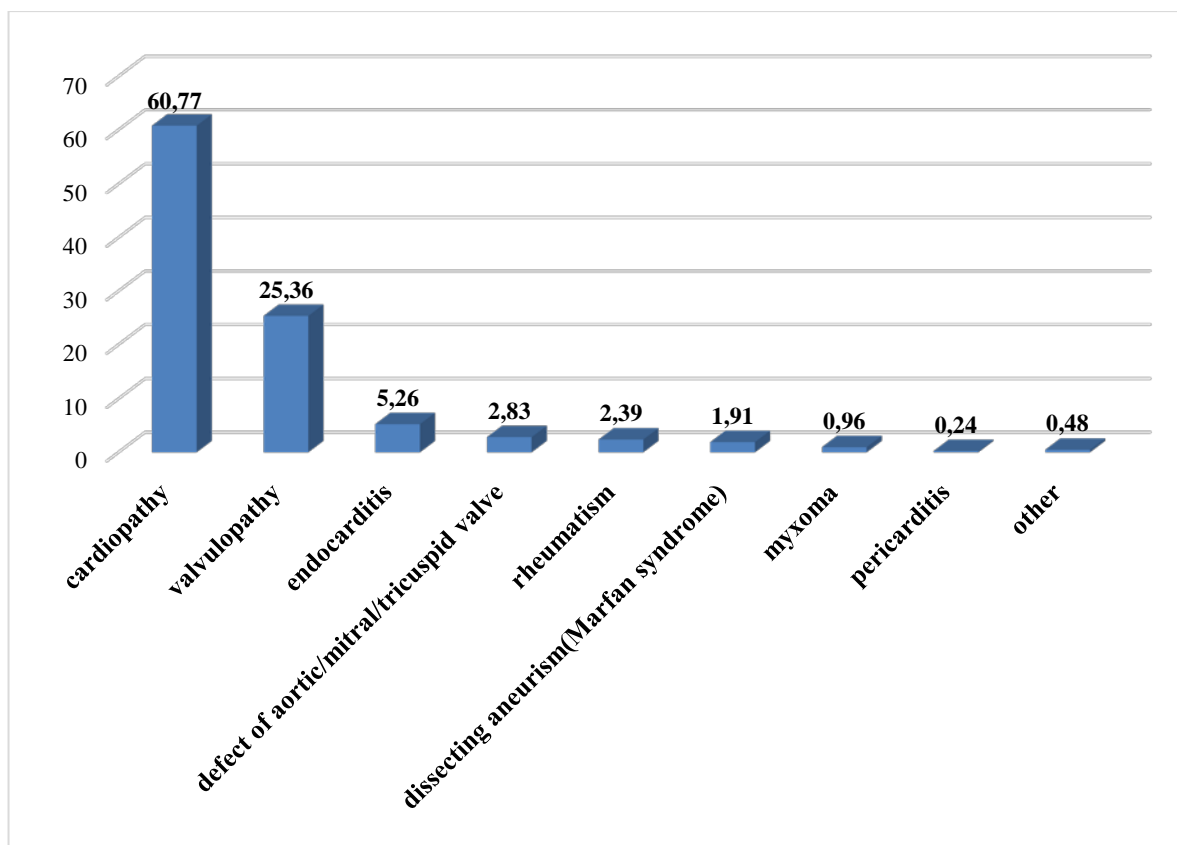


Fig. 5 – Distribution of post-cardiosurgical septic-purulent infections based on basic diagnosis during the years 2010 – 2013 (%)

Throughout the period of the study, patients with cardiopathy and valvulopathy were found to be 79 - 88% in different years.

Another situation occurs when calculating the incidence through septic-purulent infections based on basic diagnosis. The highest incidence, 533.33 per 1000 operated patients is highlighted in patients with dissecting aneurism (Marfan syndrome), followed by defect of aortic/mitral/tricuspid valve with 500.0‰, then other diagnoses - 400.0‰, endocarditis - 392.86‰, cardiopathy - 391.98‰, valvulopathy - 279.68‰, myxoma - 266.67‰, rheumatism - 227.27‰ and pericarditis – 200.0‰ (Figure 6).

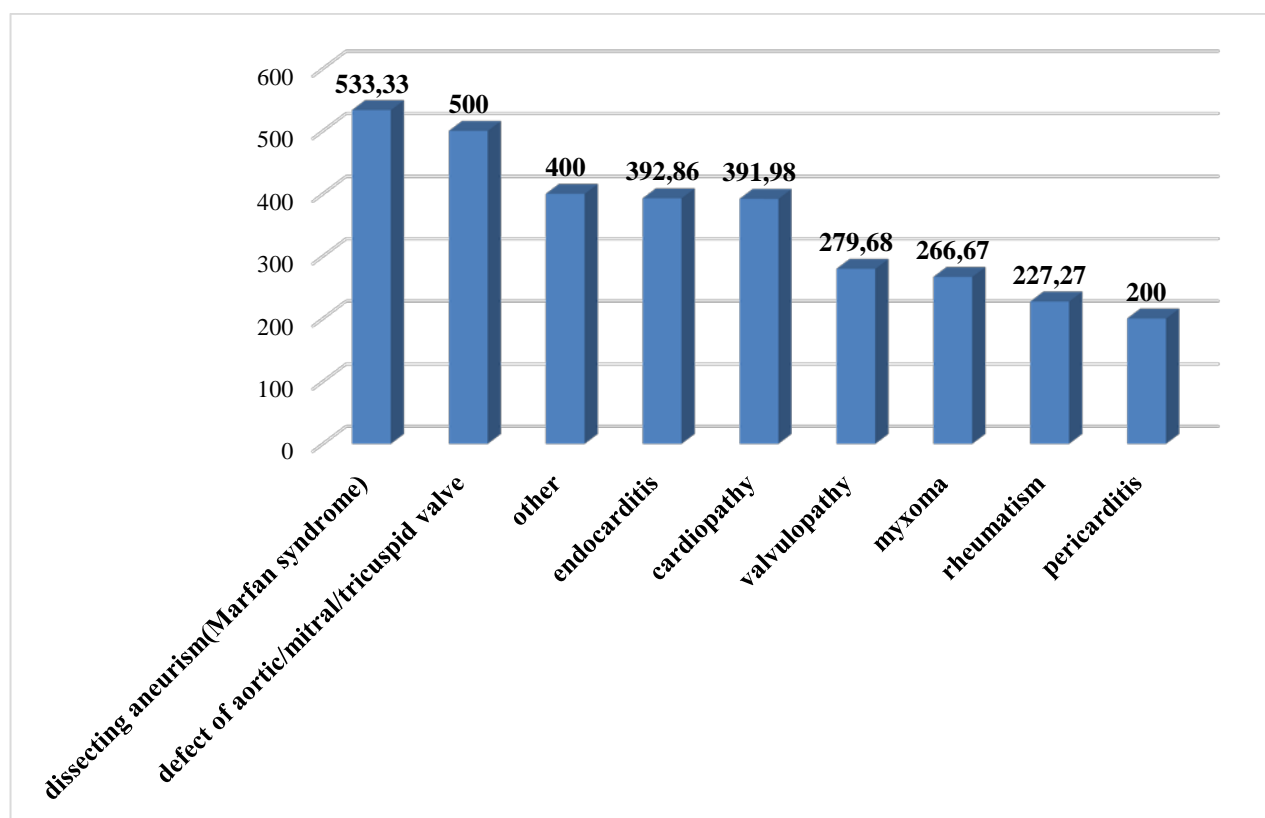


Fig. 6 – Incidence of post-cardiosurgical septic-purulent infections based on basic diagnosis (‰)

In 2010, the highest incidence of septic-purulent infections based on basic diagnosis was 449.1‰ in patients with cardiopathy, followed by patients with dissecting aneurism (Marfan syndrome) - 400.0‰, those with defect of aortic/mitral/tricuspid valve - and endocarditis with 333.33%. This year, no septic-purulent infections was recorded in patients with pericarditis and other diagnoses.

In 2011, the highest incidence of septic-purulent infections based on basic diagnosis was recorded in patients with cardiopathy, accounting for 561.22‰, followed by patients with myxoma - 500.0‰ and patients with endocarditis - 333.33‰. This year, no cases were recorded in patients with pericarditis and dissecting aneurism (Marfan syndrome).

The highest incidence of septic-purulent infections in 2012 was in patients with other diagnoses - 1000.0 per 1000 operated patients, followed by patients with dissecting aneurism (Marfan syndrome) - 750.0‰, defect of aortic/mitral/tricuspid valve - 666, 67‰ and endocarditis - 571.43‰. This year, the lowest incidence occurred in patients with rheumatism - 125.0‰.

In 2013, patients with the basic diagnosis of defect of aortic/mitral/tricuspid valve - had the highest incidence of 1000‰, followed by patients with dissecting aneurism (Marfan syndrome) with 600.0‰, pericarditis - 500.0‰. This year, no SPNI was recorded in patients with myxoma and those with other diagnoses.

Discussion

The study conducted in the cardiac surgery profile demonstrates the increased incidence of morbidity through septic-purulent infections in emergency patients - which is 535.71‰ compared to those who are operated on a scheduled basis with the incidence of 347.11‰. Of the total of septic-purulent infections 32.3% are surgical wound infections, 22.73% are association related infections, 18.9% are nosocomial respiratory infections, 16.99% are cardiovascular infections, 4.78% are bone and joint infections. The riskiest basic diagnoses for the acquisition of post-cardiosurgical septic-purulent infections are: 449.1‰ cardiopathy, followed by patients with dissecting aneurism (Marfan syndrome) - 400.0‰, those with defect of aortic/mitral/tricuspid valve and endocarditis with 333,33‰, and the riskiest cardiac surgeries are: 22.73% in patients who underwent one bypass, 13.16% supported bypass plus one prosthesis plus one plasty, 12.44% - bypass plus one prosthesis plus two plasties, 8.5% - bypass plus one plasty, 8.61% - bypass plus two prostheses plus one plasty, 6.22% - bypass plus two plasties. The findings can help to improve the system of prophylaxis of post-cardiosurgical septic-purulent infections.

Conclusion

1. The incidence of post-cardiosurgical septic-purulent infections is higher in patients that underwent urgent surgeries than those patients who were operated on a scheduled basis.

2. Most post-cardiosurgical septic-purulent infections are recorded in patients who underwent one bypass, bypass plus one prosthesis plus one plasty, bypass plus one prosthesis plus two plasties, bypass plus one plasty, bypass plus two prostheses plus one plasty.

3. The highest incidence of post-cardiosurgical septic-purulent infections occurs in patients diagnosed with dissecting aneurism (Marfan syndrome), defect aortic/mitral/tricuspid valve, endocarditis, cardiopathy.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Report of the European Science Foundation [Электронный ресурс] 2005 URL: <http://www.escmid.org/> (дата обращения: 19.03.2019)
2. Esker D.J. Investments in high payoff technologies could reduce toll of infections / Esker DJ, Carroll KC. // ASM News. 2005; 71 (12): 576-581
3. Geffers C. Mortality attributable to hospital-acquired infections among surgical patients. Infect Control Hosp Epidemiol / Geffers C. 2008; 29: 1167-1170
4. Aranaz-Andres J.M. Incidence of adverse events related to health care in Spain: results of the Spanish National Study of Adverse Events / Aranaz-Andres J.M. J Epidemiol Community Health. 2008; 62: 1022-1029
5. Geffers K. Nosocomial infections and multidrug-resistant organisms in Germany / Geffers K. Gastmayr P. Dtsch Arztebl Int. 2011 Feb; 108 (6): 87-93
6. Pittet D. Nosocomial bloodstream infection in critically ill patients. Excess length of stay, extra costs, and attributable mortality / Pittet D. Dzhm. 1994; 271: 1598-1601
7. Beyersmann J. Use of multistate models to assess prolongation of intensive care unit stay due to nosocomial infection / Beyersmann J. Infect Control Hosp Epidemiol. 2006; 27: 493-499
8. Buya A. An update review on risk factors and scales for prediction of deep sternal wound infections / Buya A. Int Wound J. 2012; avgust; 9 (4): 372 -86
9. Попов Д.А. Послеоперационные инфекционные осложнения в кардиохирургии: частота развития, факторы риска, этиология, особенности патогенеза, оптимизация диагностики / Попов Д.А. №5, 2011. С.10-14 журнал Анналы хирургий. Москва
10. Миролюбова О.А. Биопротезирование клапанов сердца / Миролюбова О. А., Мизинцева М. А. №4S1(132), 2016, с.58. Журнал Российский кардиологический журнал. Москва
11. Nastas A.T. The socio-economic impact of post cardiac surgery patients with septic-purulent nosocomial infections / Nastas A.T. // International Research Journal № 11 (77) Part 1, 2018, P. 166-172, DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.77.11.032>
12. Jolivet S. Surgical site infection with extended-spectrum b-lactamase producing Enterobacteriaceae after cardiac surgery: incidence and risk factors Clinical Microbiology and Infection / Jolivet S. 24 (2018) 283-288
13. Nosocomial Infection Guidelines, edition II, 2009, Kishinev
14. Guidelines for Surveillance, Prevention and Control of Nosocomial Infections (CPCIN) in SCJUPBT) 2016 .

Список литературы на английском языке / References in English

1. Otchet Yevropeyskogo nauchnogo fonda za 2005 g [Report of the European Science Foundation] [Electronic resource] 2005. URL: <http://www.esfmid.org/> (accessed:19.03.2019)
2. Esker D.J. Investitsii v tekhnologii s vysokoy otdachei mogut sokratit' chislo infektsiy [Investments in high payoff technologies could reduce toll of infections] / Esker DJ, Carroll KC. // ASM News. 2005; 71(12): 576-581
3. Geffers C., et al., Obuslovlennaya vnutribol'nichnymi infektsiyami sredi khirurgicheskikh patsiyentov. Infekt Kontrol' Gospital' Epidemiol [Mortality attributable to hospital-acquired infections among surgical patients. Infect Control Hosp Epidemiol]. 2008; 29:1167-1170
4. Aranaz-Andres J.M. Chastota nezhelatel'nykh yavleniy, svyazannykh so zdravookhraneniym v Ispanii: rezul'taty ispanskogo natsional'nogo issledovaniya pobochnykh yavleniy [Incidence of adverse events related to health care in Spain: results of the Spanish National Study of Adverse Events] / Aranaz-Andres J.M. J Epidemiol Community Health. 2008;62:1022-1029
5. Geffers C. Nozomial'nyye infektsii i organizmy s mnozhestvennoy lekarstvennoy ustoychivost'yu v Germanii [Nosocomial infections and multidrug-resistant organisms in Germany] / Geffers C., Gastmeier P. Dtsch Arztebl Int. 2011 Feb;108(6):87-93
6. Pittet D. Nozomial'naya infektsiya krovotoka u kriticheski bol'nykh patsiyentov. Chrezmernaya prodolzhitel'nost' prebyvaniya, dopolnitel'nyye raskhody i svyazannaya s etim smertnost' [Nosocomial bloodstream infection in critically ill patients. Excess length of stay, extra costs, and attributable mortality] / Pittet D. Jama. 1994; 271:1598-1601
7. Beyersmann J. Ispol'zovaniye mnogogosudarstvennykh modeley dlya otsenki prodleniya prebyvaniya otdeleniya intensivnoy terapii v svyazi s vnutribol'nichnoy infektsiyey. Infect Control Hosp Epidemiol [Use of multistate models to assess prolongation of intensive care unit stay due to nosocomial infection. Infect Control Hosp Epidemiol] / Beyersmann J. 2006; 27:493-499
8. Buja A. Obnovlennyy obzor faktorov riska i shkal dlya prognozirovaniya glubokikh infektsiy rany grudiny [An update review on risk factors and scales for prediction of deep sternal wound infections] / Buja A. Int Wound J. 2012; Aug; 9(4): 372 - 86
9. Popov D.A. Posleoperacionnye infektsionnye oslozhneniya v kardiokhirurgii: chastota razvitiya, faktory riska, etiologiya, osobennosti patogeneza, optimizatsiya diagnostiki [Postoperative infectious complications in cardiac surgery: the incidence of development, risk factors, etiology, pathogenesis features, optimization of diagnosis] / Popov D.A. "No. 5, 2011. Pages 10-14, Annaly hirurgii [Annals of Surgery]. Moscow [in Russian]
10. Mirolubova O. A. Bioprotezirovaniye klapanov serdca [Heart Valve Bioprosthetics] / Mirolubova O. A., Mizintseva M. A. // Zhurnal "Rossijskij kardiologicheskij zhurnal [Journal of the Russian Cardiology Journal]. Moscow, No. 4S1 (132), 2016, p.58. [in Russian]
11. Nastas A.T. Sotsial'no-ekonomicheskoye vliyaniye patsiyentov posle kardiokhirurgicheskikh operatsiy na gnoyno-septicheskuyu infektsiyu, Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal [The socio-economic impact of post cardiac surgery patients with septic-purulent nosocomial infections] / Nastas A.T. // International Research Journal № 11 (77) Vol. 1 November 2018, стр. 166-172, DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.77.11.032>
12. Jolivet S. Infektsiya v meste operatsii s pomoshch'yu b-laktamazy, produtsiruyushchey enterobakterii rasshirennogo spektra, posle operatsii na serdtse: chastota i faktory riska Klinicheskaya mikrobiologiya i infektsiya [Surgical site infection with extended-spectrum b-lactamase producing Enterobacteriaceae after cardiac surgery: incidence and risk factors Clinical Microbiology and Infection] / Jolivet S. 24 (2018) 283-288
13. Rukovodstvo po vnutribol'nichnoy infektsii, edition II [Nosocomial Infection Guidelines, edition II], 2009, Chisinau
14. Rukovodstvo po nadzoru, profilaktike i kontrolyu nozomial'nykh infektsiy v SKYUPBT [Guidelines for Surveillance, Prevention and Control of Nosocomial Infections (CPCIN) in SCJUPBT] ("Pius Brinzeu" Emergency Clinical Hospital Timisoara) in 2016

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.83.5.019>**ОЦЕНКА ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ И РЕАБИЛИТАЦИОННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ БОЛЬНЫХ С ДИАГНОЗОМ ДЦП: АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ (НА ОСНОВАНИИ ОПРОСА РОДИТЕЛЕЙ БОЛЬНЫХ В ДРКБ № 1)**

Научная статья

Потехина М.Н. *

Медицинский институт ФГБОУ ВО "МГУ им. Н.П. Огарёва", Саранск, Россия

* Корреспондирующий автор (PMN_1403[at]mail.ru)

Аннотация

В статье изложены результаты небольшого статистического исследования, проведенного в неврологическом отделении ДРКБ № 1 г. Саранска. Изучена заболеваемость детей разного возраста и осуществлен опрос родителей детей с поставленным диагнозом «Детский церебральный паралич» об эффективности и успешности проведенных в медицинском учреждении реабилитационных мероприятий, о динамике последующего состояния ребенка. На основании проанализированных данных дана последующая оценка важности, нужности данного лечебного курса для больных детей и их родителей.

Ключевые слова: детский церебральный паралич, дети, заболеваемость, статистика, пациенты, родители больных, опрос, реабилитация.

ASSESSMENT OF MORBIDITY AND REHABILITATION ACTIVITIES OF PATIENTS WITH ICP: ANALYSIS OF EFFICIENCY (BASED ON SURVEY OF PARENTS OF PATIENTS IN CHILDREN REGIONAL CLINICAL HOSPITAL No. 1)

Research article

Potekhina M.N. *3rd-year student of the Medical Institute of FSBEI of HE, Ogarev MSU, Saransk, Russia

* Corresponding author (PMN_1403[at]mail.ru)

Abstract

The article presents the results of a small statistical study conducted in the neurological department of the children regional clinical hospital No. 1 in Saransk. The incidence of children of different ages was studied; parents of children diagnosed with cerebral paralysis were interviewed about the effectiveness and success of the rehabilitation activities carried out at the medical institution, about the dynamics of the subsequent state of the child. Based on the analyzed data, a subsequent assessment of the importance and usefulness of this treatment course for sick children and their parents is given.

Keywords: infantile cerebral paralysis, children, incidence, statistics, patients, parents of patients, survey, rehabilitation.

Введение

Заболевания нервной системы детей, согласно официальной статистике, находятся на первом месте как в России, так и в других странах. Среди распространенных неврологических нарушений с высокой степенью инвалидизации детский церебральный паралич по количеству занимает второе место, отличаясь тяжелым протеканием. В настоящее время наблюдается значительный рост количества больных с данным диагнозом при ежегодном увеличении частотности заболевания.

Детский церебральный паралич (ДЦП) — сложное заболевание, при котором происходит поражение центральной нервной системы, что приводит к двигательным нарушениям, вызывает патологию умственного развития, речевую недостаточность, нарушение слуха и зрения, замедляя всеобщее развитие и ухудшая качество жизни.

Церебральный паралич является следствием аномального развития или повреждения развивающегося мозга. Это может случиться во время беременности, родов, первого месяца жизни или реже в раннем детстве. Причиной этого заболевания могут служить преждевременные роды, наличие близнеца, наследственность, травмы после рождения, перенесенные матерью инфекции во время беременности, заболевания малыша, перенесенные в раннем детстве и множество других причин.

Целью данной работы является изучение показателей заболеваемости и эффективности проведенных мероприятий по реабилитации данного неврологического заболевания детей. Для этого была поставлена задача изучения доступных медицинских источников научно-исследовательского характера с анализом статистических данных заболеваемости и лечения больных ДЦП в Детской Республиканской Клинической Больнице № 1 г. Саранска.

Практическая часть

Было проведено исследование, состоящее из двух этапов.

1 этап

На первом этапе проводилось изучение заболеваемости детским церебральным параличом.

В ДРКБ №1 города Саранска больных ДЦП за 2018 год прошло лечение 106 человек. Из всех пациентов в количестве 850 человек число больных ДЦП составляет 12,5 %. Всего по Мордовии на 2018 год с заболеванием ДЦП числилось порядка 120 человек. Из них 7 оказывалась паллиативная помощь.

Количество больных ДЦП за минувший год (106 человек) составляет 12 % от 850 человек, прошедших лечение за год в неврологическом отделении ДРКБ №1. Из них 55 — мальчики, 51 — девочки. Соотношение по полу детей с этим заболеванием составляет приблизительно 1,1:1, что незначительно отличается от указанного соотношения. Частота ДЦП среди мальчиков оказалась несколько выше, чем среди девочек, что показательно и в целом для страны. По России в среднем это соотношение составляет 1,33:1.

На диаграмме №1 (см. рисунок 1) показана распространённость Детского Церебрального Паралича в разных возрастных группах. Чаще всего указанный диагноз встречается в возрасте 4-6 лет у мальчиков (33 % обследованных) и 2-3 лет у девочек (39 % обследованных). На втором месте располагаются мальчики в возрасте 2-3 лет (27 % обследованных), девочки 7-12 лет (22 % обследованных). На третьем месте находятся мальчики в возрасте 7-12 лет (25 % обследованных), девочки в возрасте 13-17 лет (16 % обследованных). На четвертом месте: мальчики 13-17 лет (8 % обследованных), девочки до 2-х лет (13 % обследованных). Реже всего заболевание ДЦП у мальчиков до 2-х лет (7 % обследованных) и девочек 4-6 лет (10 % обследованных).

Так же было исследовано заболевание по формам заболевания. Для этого была использована классификация ДЦП Семеновой К.А. (1974), использующейся в Российской Федерации в настоящее время, согласно которой существует пять основных форм этого заболевания: 1) гемипаретическая; 2) двойная гемиплегия; 3) спастическая диплегия; 4) атонически – астатическая (мозжечковая); 5) гиперкинетическая. Так же могут быть смешанные или неопределенные формы, но они встречаются гораздо реже.

Вне зависимости от пола преобладает спастическая форма Детского Церебрального Паралича, по распространённости около 80 % среди мальчиков и 75 % среди девочек. Атонически – астатическая форма ДЦП встречается в 5 % мальчиков и 7 % девочек, двойная гемиплегия — у 1 % и 2 % соответственно, гиперкинетическая — у 6 % мальчиков и девочек. Спастическая диплегия — у 8 % мальчиков и 10 % девочек.

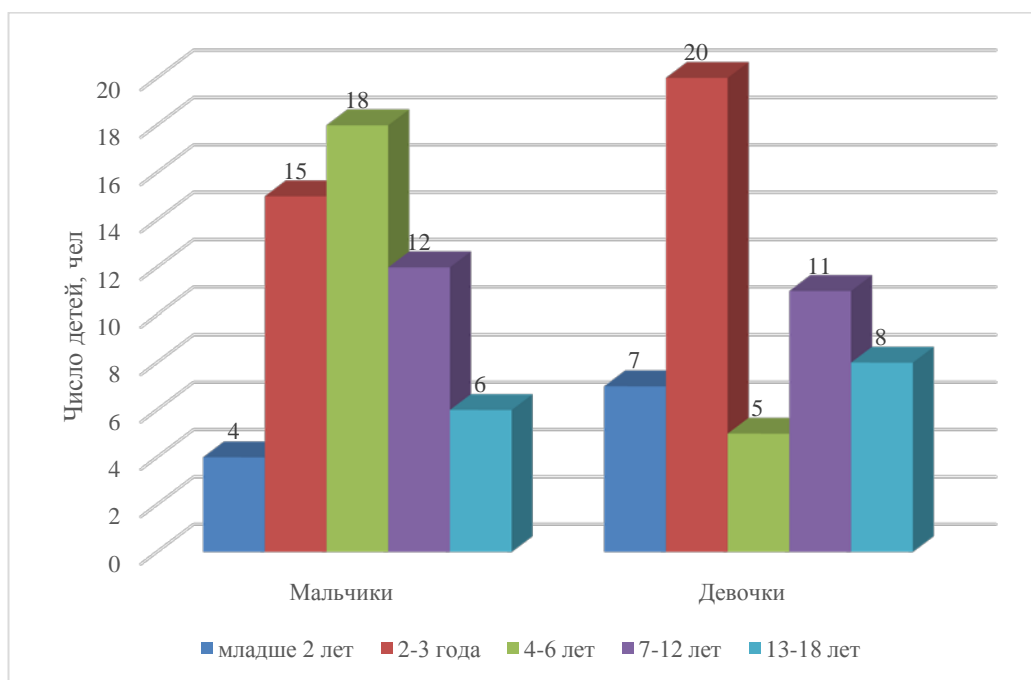


Рис. 1 – Распространённость Детского Церебрального Паралича в различных возрастных группах (количество человек)

2 этап

На втором этапе среди родителей проходящих лечение на определенный интервал времени больных ДЦП был проведен небольшой опрос – задан ряд вопросов, касающихся результатов проведенной реабилитации их детей со следующими формами заболевания: спастическая диплегия, двойная гемиплегия, гемипаретическая, гиперкинетическая, атонически-астатическая (мозжечковая). Больные с двойными гемиплегиями, а также со смешанными и неопределенными формами в момент реабилитации не рассматривались, поскольку на момент опроса такие пациенты отсутствовали. Всего опрошено 20 родителей, которым были заданы 7 вопросов.

1 вопрос. Понимает ли ребенок обращенную речь?

9 опрошенных ответили: «Да», 11: «Нет» (45% - 55%).

2 вопрос. Ребенок адаптирован в детском коллективе?

5 опрошенных ответили: «Да», 15: «Нет» (25% - 75%).

3 вопрос. Ребенок пытается ходить?

9 опрошенных ответили: «Да», 11: «Нет» (45% - 55%).

4 вопрос. Эффективна ли проведенная фармакотерапия?

7 опрошенных ответили: «Да, эффективна», 13: «Нет, состояние без изменений» (35% - 65%).

5 вопрос. Эффективна ли проведенная физиотерапия: массаж, лфк, электростимуляция мышц?

8 опрошенных ответили: «Да, эффективна», 12: «Нет, состояние без изменений» (40% - 60%).

6 вопрос. Эффективна ли логопедическая коррекция?

6 опрошенных ответили: «Да, эффективна», 14: «Нет, состояние без изменений» (30% - 70%).

7 вопрос. Эффективна ли психологическая коррекция?

4 опрошенных ответили: «Да, эффективна», 16: «Нет, состояние без изменений» (20% - 80%).

Заключение

Больные ДЦП – очень сложная проблема современного мира. Этому заболеванию приблизительно с равной степени подвергаются как мальчики, так и девочки. Невозможно предугадать появление в семье такого ребенка, но если это произошло, то ему необходима забота близких и врачей. От мероприятий по восстановлению и поддержанию

здоровья пациента, поэтому врачу самое главное подобрать наиболее эффективный метод, который будет оказывать максимальный эффект на состояние больного.

В большинстве случаев это заболевание протекает без перемен, в небольшом количестве отмечается незначительная положительная динамика. В нашем случае по результатам ответов на вопросы 4–7 средние показатели динамики улучшения состояния больных детей на конец лечения составляют 31, 25%.

К сожалению, это не столь большие показатели, как хотелось бы видеть. Но следует учитывать, что и за этими цифрами стоят конкретные дети и их родители. Получение ими в больнице психологической помощи, индивидуального курса лечения с назначением определенных лекарственных препаратов, массажа, гимнастики, лечебной физкультуры помогают ребенку приблизиться к нормальной жизни. Основная задача врачей – оказать всевозможную помощь здоровью ребенка и достичь максимального эффекта при реабилитации, а иногда просто дать надежду.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы/ References

1. Аладина Е.А. Детский церебральный паралич и функциональные двигательные нарушения у детей раннего детского возраста: возможности электромиографической диагностики / Аладина Е.А., Мальмберг С.А. / Клиническая неврология. 2011. № 1. С. 20-24.
2. Блинов Д.С. Современное состояние проблемы общей инвалидизации (по материалам республики Мордовия) / Блинов Д.С., Саушев С.В., Подсваткин Д.В. и др. // Медицинский вестник МВД. 2015. №2 (75). С. 47-50.
3. Кореньяк Г.В. Частота встречаемости глазодвигательной и рефракционной патологии у детей и подростков с детским церебральным параличом / Кореньяк Г.В., Чередниченко Н.Л., Попова Н.А. и др/ В сборнике: Современные проблемы развития фундаментальных и прикладных наук Материалы III международной научно-практической конференции. 2016. С. 64-67.
4. Левин А.С. Детские церебральные параличи и их клинические проявления / Левин А.С., Николаева В.В., Усакова Н.А. // В сборнике: Физическая реабилитация детей с нарушениями функций опорно-двигательного аппарата Москва, 2000. С. 47-70.
5. Немкова С.А. Детский церебральный паралич: диагностика и коррекция когнитивных нарушений: Учебно-методическое пособие. / Немкова С.А., Намазова-Баранова Л.С., Маслова О.И. и др. / М-во здравоохранения и соц. Развития Российской Федерации, Науч. Центр здоровья детей РАМН, Российский нац. Исслед. Ун-т Н.И. Пирогова – М.: Педиатр, 2012. – 60 с.
6. Павлов Ю.И. Анализ основных причин, способствующих развитию детского церебрального паралича по данным специализированного детского учреждения / Павлов Ю.И., Грицань И.И. // Детская и подростковая реабилитация. 2007. № 1 (9). С. 27-29.
7. Рогов А.В. Катамнез больных детским церебральным параличом города Северска / Рогов А.В., Левицкий Е.Ф., Барабаш Р.З. и др. / Медицинский вестник Юга России. 2014. № 3. С. 133-136.
8. Ткаченко Е.С. Детский церебральный паралич одна из ведущих причин детской инвалидности современности / Ткаченко Е.С., Голева О.П. // Евразийский союз ученых. 2015. № 7-3 (16). С. 86-89.
9. Ярынкина А.С. Оценка эффективности программ комплексной реабилитации новорожденных детей угрожаемых по детскому церебральному параличу / Ярынкина А.С., Калашников А.А. // В книге: Студенческая наука и медицина XXI века: традиции, инновации и приоритеты сборник материалов XII Всероссийской (86-ой Итоговой) студенческой научной конференции с международным участием. Под редакцией П. Котельникова, Куркина. 2018. С. 444-445.
10. Semeleva E.V. Continuing medical education: the need for change / Semeleva E.V., Selezneva N.M. // Международный научно-исследовательский журнал // 2017.– № 4-3 (58).–С. 177-180.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Alaadin E. A. Detskij cerebral'nyj paralich i funkcional'nye dvigatel'nye narusheniya u detej rannego detskogo vozrasta: vozmozhnosti elektromiograficheskoy diagnostiki [The cerebral palsy functional movement disorders in childhood: opportunities electromyographic diagnosis] / Alaadin E. A., Malmberg S. // Klinicheskaya nevrologiya [Clinical neuroscience]. 2011. № 1. P. 20-24. [in Russian]
2. Blinov D. S. Sovremennoe sostoyanie problemy obshchej invalidizacii (po materialam respubliki Mordoviya) [Current state of the problem of total disability (based on materials of the Republic of Mordovia)] / Blinov D. S., Saushev S. V., D. V. Podsevatkin // Medicinskij vestnik MVD. [Medical Bulletin of the Ministry of interior]. 2015. №2 (75). P. 47-50. [in Russian]
3. Korenyak G. V. Chastota vstrechaemosti glazodvigatel'noj i refrakcionnoj patologii u detej i podrostkov s detskim cerebral'nym paralichom [Frequency of oculomotor and refractive pathology in children and adolescents with cerebral palsy] / Korenyak G. V., Cherednichenko N. L. Popova N. Ah. and others // V sbornike: Sovremennye problemy razvitiya fundamental'nyh i prikladnyh nauk Materialy III mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii [In the collection: Modern problems of fundamental and applied Sciences Materials of the III international scientific-practical conference]. 2016. P. 64-67. [in Russian]
4. Levin A. S. Detskie cerebral'nye paralichi i ih klinicheskie proyavleniya [Children's cerebral palsy and its clinical manifestations] / Levin A. S., Nikolaeva V. V., Usakova N. Ah. // V sbornike: Fizicheskaya reabilitaciya detej s narusheniyami funkcij oporno-dvigatel'nogo apparata [In the collection: Physical rehabilitation of children with disorders of the musculoskeletal system] Moscow, 2000. P. 47-70. [in Russian]
5. Nemkova S. A. Cerebral'nyj paralich: diagnostika i korrekciya kognitivnyh narushenij: Uchebno-metodicheskoe posobie [Cerebral palsy: diagnosis and correction of cognitive impairment: Teaching aid] / Nemkova S. A., Namazova-Baranova L. S., Maslova O. I. and others. // M-vo zdavoohraneniya i soc. Razvitiya Rossijskoj Federacii, Nauch. Centr

zdorov'ya detej RAMN, Rossijskij nac. Issled [M-in health and social. Development Of The Russian Federation, Scientific. Children's health center RAMS, Russian national. Research]. Univ N. And. Pirogov, M.: A Pediatrician, 2012. - 60 p. [in Russian]

6. Pavlov Y. I. Analiz osnovnyh prichin, sposobstvuyushchih razvitiyu detskogo cerebral'nogo paralicha po dannym specializirovannogo detskogo uchrezhdeniya [Analysis of the main causes contributing to the development of cerebral palsy according to the specialized institution for children] / Pavlov, Y. I., Grizan I. I. // Detskaya i podrostkovaya reabilitaciya [Pediatric and adolescent rehabilitation]. 2007. № 1 (9). P. 27-29. [in Russian]

7. Rogov A.V. Katamnez bol'nyh detskim cerebral'nym paralichom goroda Severska [Follow-up of patients with infantile cerebral paralysis in the city of Seversk] / Rogov A.V., Levitsky E. F., Barabash, R. W. and others // Medicinskij vestnik Yuga Rossii [Medical Bulletin of the South of Russia]. 2014. № 3. P. 133-136. [in Russian]

8. Tkachenko E. S. Detskij cerebral'nyj paralich odna iz vedushchih prichin detskoj invalidnosti sovremennosti [Children's cerebral palsy is one of the leading causes of children's disability of our time] / Tkachenko E. S., Goleva O. P. // Evrazijskij soyuz uchenyh [Eurasian Union of scientists]. 2015. № 7-3 (16). P. 86-89. [in Russian]

9. Arancina A. S. Ocenka effektivnosti programm kompleksnoj reabilitacii novorozhdennyh detej ugrozhaemyh po detskomu cerebral'nomu paralichu [Assessment of efficiency of programs of complex rehabilitation of newborn children threatened by cerebral palsy] / Arancina A. S., Kalashnikov A. A. // V knige: Studencheskaya nauka i medicina XXI veka: tradicii, innovacii i priority sbornik materialov XII Vserossijskoj (86-oj Itogovoj) studencheskoj nauchnoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem [In the book: Student science and medicine of the XXI century: traditions, innovations and priorities in the collection of materials of XII all-Russian (86th Total) student scientific conference with international participation]. Edited By p. Kotelnikov, Kurkin. 2018. P. 444-445. [in Russian]

10. Semeleva E. V. Continuing medical education: the need for change / Semeleva E. V., Selezneva N. M. // International research journal. 2017.- № 4-3 (58).-P. 177-180.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.83.5.020>

РАСПРЕДЕЛЕННЫЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ БЕЛКОВЫХ СТРУКТУР В ФАРМАЦИИ И МЕДИЦИНЕ

Обзор

Чирипкин А.С.^{1,*}, Глушко А.А.², Чирипкин В.С.³, Гендугов Т.А.⁴.

¹ ORCID: 0000-0001-8207-2953;

² ORCID: 0000-0001-7465-5657;

³ ORCID: 0000-0003-4807-591X;

⁴ ORCID: 0000-0002-7447-8328;

^{1, 2, 3, 4} Пятигорский медико-фармацевтический институт – филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Пятигорск, Россия

* Корреспондирующий автор (alexey.chiriapkin[at]yandex.ru)

Аннотация

В данной статье рассматриваются современные достижения в области компьютерного моделирования различных биологических систем на уровне белковых структур с помощью распределительных вычислительных систем (на примере суперкомпьютеров и грид-вычислительных систем). К каждому примеру или группе схожих примеров в конце повествования прилагаются возможные направления их применения в области медицины и фармации. Таким образом у читателя формируется целостное представление о приведенных моделируемых биосистемах от начального этапа исследования до дальнейшего найденного или ещё только прогнозируемого практического применения полученных результатов на практике.

Ключевые слова: компьютерное моделирование, суперкомпьютер, грид-вычислительная система, достижение, применение, фармация, медицина, белки.

DISTRIBUTED COMPUTING SYSTEMS FOR MODELING PROTEIN STRUCTURES IN PHARMACY AND MEDICINE

Research article

Chiriapkin A.S.^{1,*}, Glushko A.A.², Chiriapkin V.S.³, Gendugov T.A.⁴.

¹ ORCID: 0000-0001-8207-2953;

² ORCID: 0000-0001-7465-5657;

³ ORCID: 0000-0003-4807-591X;

⁴ ORCID: 0000-0002-7447-8328;

^{1, 2, 3, 4} Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute – a branch of the Volgograd State Medical University, a federal state budgetary educational institution of higher education of the Ministry of Health of the Russian Federation, Pyatigorsk, Russia

* Corresponding author (alexey.chiriapkin[at]yandex.ru)

Abstract

This article discusses modern advances in computer modeling of various biological systems at the level of protein structures with the use of distributed computing systems (for example, supercomputers and grid computing systems). At each example or a group of similar examples at the end of the narrative, possible directions for their application in the field of medicine and pharmacy are attached. Thus, a reader forms a holistic view of the given simulated biosystems from the initial stage of the study to the further found or even predicted practical application of the results obtained in practice.

Keywords: computer simulation, supercomputer, grid computing system, achievement, application, pharmacy, medicine, proteins.

Белки представляют собой высокомолекулярные органические соединения. Они состоят из соединенных между собой с помощью пептидной связью альфа-аминокислот. Белки в организме человека выполняют различные функции, например, выступают в качестве строительного материала в клетке, участвуют в переносе различных веществ в организме, из белков состоят иммуноглобулины [1]. Подробное изучение механизмов пространственной организации белковых молекул является важным элементом в разъяснении принципов работы различных биологических систем организма. Для создания целенаправленного фармакологического действия на интересующие белковые мишени исследователям необходимо детальное знание их структуры и функционирования.

До сих пор точно не известен механизм процесса самоорганизации белковых молекул, называемый фолдингом. Остаётся не до конца понятным, как вновь синтезированный в организме белок в доли секунды приобретает необходимую для выполнения своих биологических функций пространственную конформацию. Сворачивание белков на данный момент – это большая неразрешенная научная проблема современного мира [2]. Современные методы анализа не всегда справляются с задачей точного определения пространственной структуры исследуемого белка. В частности, затруднительно проанализировать структуру белков, которые образуют сложные межмолекулярные комплексы, или же произвести исследование интегральных белков клеточных мембран.

Сейчас посредством компьютерного моделирования ученые занимаются изучением физико-химических аспектов фолдинга белков. Это довольно трудоемкий и длительный научный процесс [3]. Существует два основных подхода

реализации компьютерного моделирования белковых структур: с помощью суперкомпьютеров или путем использования грид-вычислений.

Суперкомпьютер – это вычислительная машина, которая обладает значительно более высокой производительностью по сравнению с обычными компьютерами. Такой суперкомпьютер состоит из большого числа соединенных между собой высокоскоростной сетью вычислительных узлов. Главным преимуществом суперкомпьютеров является их высокое быстродействие, позволяющее проводить в относительно короткие сроки масштабные вычислительные задачи. К минусам суперкомпьютеров можно отнести их сложную архитектуру, сложность организации рационального процесса охлаждения, высокую стоимость создания суперкомпьютера. Сейчас суперкомпьютеры активно используются в ходе решения различных исследовательских задач. Например, такие суперкомпьютеры, как Summit – IBM (США), Sunway TaihuLight – NCRPC (Китай), AI Bridging Cloud Infrastructure – Fujitsu (Япония) и Sierra – IBM (США).

Так, например, в 2010 году на суперкомпьютере Anton (созданным частной компанией D. E. Shaw Research для изучения научных вопросов моделирования белков) осуществили впервые миллисекундное моделирование фолдинга небольших белков методом молекулярной динамики. В данном вычислительном эксперименте ученые смогли на атомном уровне детально отследить все стадии процесса преобразования полипептидной цепи в альфа-спирали и бета-структуры. Полученные результаты эксперимента отлично согласуются с данными спектроскопии [4].

Отечественным лидером среди суперкомпьютеров является Ломоносов-2, который установлен в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова. На данном суперкомпьютере реализуются различные исследовательские проекты, например, моделирование молекулярных процессов в клетке [5].

Грид-вычислительная система – это набор соединенных между собой удаленных компьютеров посредством специальных программ и каналов связи. При таком подходе происходит перераспределение вычислительного процесса между всеми отдельными компьютерами, которые участвуют в вычислении. Важным преимуществом грид-системы является возможность организации вычислительного процесса между удаленными компьютерами, при этом быстродействие системы определяется не только возможностями компьютера, но и скорости передачи данных в сети интернет. Грид-система обладает высокой надежностью, так как выход из строя нескольких узлов не прервет вычислительный процесс, а также данная поломка несущественно снижает производительность. Стоит отметить, что в случае грид-системы возможно использование огромного количества компьютеров, что создают возможности наращивания вычислительной производительности системы. К недостаткам грид-системы можно отнести проблемы совместимости программного обеспечения, сбои коммуникационной сети, сложность сохранения конфиденциальности выполняемой задачи [6]. Наибольшую известность среди грид-систем, занимающихся моделированием белковых структур, получили проекты Folding@home и Rosetta@home.

В октябре 2000 года ученые из Стэнфордского университета запустили проект Folding@home, который занимается моделированием свертывания белков. Проект Folding@home основан на способе распределенных вычислений. Суть такого метода компьютерных исследований направлена на решение нехватки производственных мощностей путем объединения множества компьютеров в одну вычислительную систему. В проекте может участвовать любой желающий человек. Для этого достаточно загрузить и установить на свой компьютер специальную программу-клиент, которая будет подключаться к серверу и перераспределять вычислительные задачи. Целью проекта Folding@home является изучение механизмов образования дефектных белков посредством моделирования процессов их свертывания. Дефектные белки лежат в основе многих заболеваний человека, таких как болезни Альцгеймера, диабета II типа, различных форм онкологических заболеваний. Благодаря высокой вычислительной мощности этого проекта ученым удается моделировать фолдинг белковых молекул на протяжении долей секунды, что является довольно большим временным отрезком моделирования на сегодняшний день. Так в 2010 году группе ученых из Стэнфорда удалось преодолеть миллисекундный барьер, что представляло собой проблему в научном мире в течение многих лет. В данном исследовании проводилось моделирование сворачивания белка субъединицы рибосомы NTL9, который участвует, например, в регуляции процессов старения у растений [7]. В своей работе ученые показали один из наиболее вероятных путей сворачивания одной макромолекулы их белков большой субъединицы рибосомы NTL9. [8]. Созданная в ходе исследования учеными методика может быть успешно использована для моделирования свертывания высокоорганизованных белков, в том числе участвующих в возникновении патологических состояний организма человека.

Одним из направлений исследований проекта Folding@home является изучение белков шаперонов. Многие виды шаперонов являются белком теплового шока, который начинает запускаться в биохимические процессы организма в условиях клеточного стресса, например, в случае локального или общего повышения температуры тела. Таким образом шапероны нормализуют аномальный фолдинг белков в условиях температурного стресса. Быстро растущие раковые клетки зачастую вовлекают в свой процесс метаболизма специфические шапероны. Пути блокирования активности таких шаперонов рассматриваются в качестве новых мишеней для перспективных противонкологических лекарственных препаратов. Проект Folding@home тесно сотрудничает с Центром по изучению механизмов фолдинга в Pande Lab Стэнфордского университета. Ученые совместно проводят компьютерные исследования искусственно модифицированных шаперонов. Изучается влияние таких структурных единиц на конечную конформационную форму, синтезируемых в организме человека дефектных белков. При этом важно избежать появления неблагоприятных побочных эффектов, которые могут возникать у макроорганизма в ответ на блокирование не только аномальных шаперонов. Целью данной научной работы является поиск лекарственного вещества, способного избирательно блокировать активность специфических шаперонов раковой клетки [9], [10].

Folding@home занимается изучением других белковых структур, которые принимают участие в формировании онкологических заболеваний. В 2012 году проект Folding@home помог Chris Garcia Lab с открытием нового подтипа интерлейкина-2 (ИЛ-2), который в 300 раз более эффективен в иммунных процессах человека, чем естественный его аналог. В частности, ИЛ-2 помогает Т-клеткам иммунной системы атаковать опухолевые новообразования, тем

самым приводя к гибели дефектных клеток. Противоопухолевая активность измененной формы ИЛ-2 была подтверждена экспериментально на животных. Национальный институт здравоохранения США проводит тестирования активности данной измененной молекулы ИЛ-2 в отношении различных видов опухолей. В ближайшее время, в случае успешных дальнейших клинических испытаний данного иммунного белка, возможно будет ожидать появление на фармацевтическом рынке нового противоопухолевого препарата [11].

Существует проект Rosetta@home, который, как и проект Folding@home, основан на методе распределенных вычислений и занимается компьютерным изучением пространственной структуры белка в зависимости от его аминокислотной последовательности. Первый релиз проекта состоялся в 2005 году. Разработчиками Rosetta@home являются сотрудники Baker laboratory, расположенной в Вашингтонском университете. Одними из направлений научных исследований Rosetta@home является изучение таких болезней, как малярия, сибирская язва, болезнь Альцгеймера, онкологические заболевания [12]. В 2016 году на основе данных, полученных в ходе компьютерных вычислений проекта Rosetta@home, был предложен дизайн сверхстабильного белкового икосаэдра, который состоял из 60 белковых субъединиц. Икосаэдр является самым крупным из платоновых белковых тел, участвующих в упаковке и транспортировке, например, структурных элементов вирусных частиц [13]. Икосаэдр был сформирован из 60 белковых блоков, данные о аминокислотной последовательности которых были получены учеными из базы данных Protein Data Bank. На способность образовывать нужную геометрическую форму исследовалось порядка 300 различных белков. Анализ возможности проведения необходимой белковой сборки проводился научными сотрудниками в программе Symmetric RosettaDesign. В дальнейшем гены, которые отвечают за синтез необходимых белков для сборки икосаэдров, были введены в геном клетки кишечной палочки посредством плазмид. Синтезированные кишечными палочками белковые блоки были помещены в специальный раствор, где осуществлялась их самосборка в икосаэдры. Затем методом электронной микроскопии проводилось исследование полученных икосаэдров. Анализ показал, что были получены белковые частицы с необходимой геометрической формой размером 14 нм. В конечном итоге экспериментальные данные подтвердили правильность результатов виртуального моделирования самосборки белковых икосаэдров [14]. Возможность получения таких белковых икосаэдров позволяет в дальнейшем конструировать специальные белковые контейнеры с интересующими учеными физиологическими свойствами. Такие белковые контейнеры можно будет использовать для адресной доставки лекарственных средств при лечении конкретного заболевания [15], также белковые икосаэдры могут найти применение в создании вакцин [16] и в синтетической биологии [17].

Многообразие белковых молекул и их систем в организме огромно. Предсказание трехмерной структуры белка, особенно крупных молекул, на основе его первичной структуры является важным этапом развития биологических наук. В частности, изучение механизмов формирования и функционирования белков поможет разобраться ученым в механизмах возникновения и течения многих заболеваний человека, а также в поиске и создании новых перспективных лекарственных средств.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы/ References

1. Попов Е.М. Проблема белка. Том 3: Структурная организация белка / Е. М. Попов. – М.: Наука. 1997. – 604 с.
2. Dill K.A. The protein folding problem: when will it be solved? / Dill K.A., Ozka, S.B., Weikl T.R. // *Opinion in Structural Biology*. 2007. V. 17. P. 342–346. doi: 10.1016/j.sbi.2007.06.001.
3. Rizzuti B. Using simulations to provide the framework for experimental protein folding studies / Rizzuti B., Daggett V // *Archives of Biochemistry and Biophysics*. 2013. V. 531. P. 128–135. doi: 10.1016/j.abb.2012.12.015.
4. Shaw D.E. Atomic-Level Characterization of the Structural Dynamics of Proteins / Shaw D.E., Maragakis P., Lindorff-Larsen K. and others // *Science*. 2010. No. 330. P. 341–346.
5. Суперкомпьютер Ломоносов-2 [Электронный ресурс] URL: <https://www.t-platforms.ru/inception/projects/superkompyuter-lomonosov-2/> (дата обращения: 5.03.2019)
6. What is grid computing? [Electronic resource] URL: <https://www.e-sciencecity.org/EN/gridcafe/what-is-the-grid.html/> (accessed: 1.03.2019).
7. Block A. The *Pseudomonas syringae* type III effector HopD1 suppresses effector-triggered immunity, localizes to the endoplasmic reticulum, and targets the Arabidopsis transcription factor NTL9 / Block A., Toru T.Y., Elowsky C.G. and others // *New Phytol.* 2014. V. 201. P. 1358–1370. doi: 10.1111/nph.12626.
8. Voelz V.A. Molecular Simulation of ab Initio Protein Folding for a Millisecond Folder NTL9(1–39) Voelz V.A., Bowman G.R., Beauchamp K. // *J. Am. Chem. Soc.* 2010. V. 132. P. 1526–1528. doi: 10.1021/ja9090353.
9. Шевцов М.А. Применение белков теплового шока в клинической онкологии / Шевцов М.А., Хачатрян В.А., Маргулис Б.А. // *Современная онкология*. 2012. Т. 14. С. 63–68.
10. Almeida M.B. Molecular chaperones: toward new therapeutic tools / Almeida M.B., Nascimento J.L., Herculano A.M., and others // *Journal of Molecular Biology*. 2011. V. 65. P. 239–243.
11. Levin A.M. Exploiting a natural conformational switch to engineer an interleukin-2 'superkine' / Levin A.M., Bates D.L., Ring A.M. and others // *Nature*. 2012. V. 484. P. 529–533. doi: 10.1038/nature10975.
12. Rosetta@home - Protein Folding [Electronic resource] URL: <http://boinc.bakerlab.org/rosetta/> (accessed: 9.03.2018)
13. Zandi R. Origin of icosahedral symmetry in viruses / Zandi R., Reguera D., Bruinsma R.F. and others // *Proc. Natl Acad. Sci. USA*. 2004. V. 101. P. 15556–15560. doi: 10.1073/pnas.0405844101.
14. Hsia Y. Design of a hyperstable 60-subunit protein icosahedron / Hsia Y., Bale J.B., Gonen S. and others // *Nature*. 2016. V. 535. P. 136–139. doi:10.1038/nature18010.

15. Ma Y. Virus-based nanocarriers for drug delivery / Ma Y., Nolte R.J., Cornelissen J.J. // *Adv Drug Deliv Rev.* 2012. V. 64. P. 811–825. doi: 10.1016/j.addr.2012.01.005.
16. Smith M.L. Modified Tobacco mosaic virus particles as scaffolds for display of protein antigens for vaccine applications / Smith M.L., Lindb J.A., Dillard-Telm S. and others // *Virology.* 2006. V. 348. P. 475–488. doi: 10.1016/j.virol.2005.12.039.
17. Bauler P. Channeling by Proximity: The Catalytic Advantages of Active Site Colocalization Using Brownian Dynamics / Bauler P., Huber G., Leyh T., and others // *J. Phys. Chem. Lett.* 2010. V. 1. P. 1332–1335. doi: 10.1021/jz1002007.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Popov E.M. Problema belka. Tom 3: Strukturnaya organizaciya belka [The problem of protein. Volume 3: Structural organization of protein] / E. M. Popov. – M.: Nauka. 1997. – 604 s. [in Russian].
2. Dill K.A. The protein folding problem: when will it be solved? / Dill K.A., Ozka, S.B., Weikl T.R. // *Opinion in Structural Biology.* 2007. V. 17. P. 342–346. doi: 10.1016/j.sbi.2007.06.001.
3. Rizzuti B. Using simulations to provide the framework for experimental protein folding studies / Rizzuti B., Daggett V // *Archives of Biochemistry and Biophysics.* 2013. V. 531. P. 128–135. doi: 10.1016/j.abb.2012.12.015.
4. Shaw D.E. Atomic-Level Characterization of the Structural Dynamics of Proteins / Shaw D.E., Maragakis P., Lindorff-Larsen K. and others // *Science.* 2010. No. 330. P. 341–346.
5. Superkomp'yuter Lomonosov-2 [Supercomputer Lomonosov-2] Electronic resource] - URL: <https://www.t-platforms.ru/inception/projects/superkompyuter-lomonosov-2/> (accessed: 5.03.2019). [in Russian].
6. What is grid computing? [Electronic resource] URL: <https://www.e-sciencecity.org/EN/gridcafe/what-is-the-grid.html> (accessed: 1.03.2019).
7. Block A. The *Pseudomonas syringae* type III effector HopD1 suppresses effector-triggered immunity, localizes to the endoplasmic reticulum, and targets the Arabidopsis transcription factor NTL9 / Block A., Toru T.Y., Elowsky C.G. and others // *New Phytol.* 2014. V. 201. P. 1358–1370. doi: 10.1111/nph.12626.
8. Voelz V.A. Molecular Simulation of ab Initio Protein Folding for a Millisecond Folder NTL9(1–39) Voelz V.A., Bowman G.R., Beauchamp K. // *J. Am. Chem. Soc.* 2010. V. 132. P. 1526–1528. doi: 10.1021/ja9090353.
9. Shevcov M.A. Primenenie belkov teplovogo shoka v klinicheskoy onkologii [Application of heat shock proteins in clinical Oncology] / Shevcov M.A., Hachtryan V.A., Margulis B.A. // *Sovremennaya onkologiya.* 2012. T. 14. S. 63–68. [in Russian].
10. Almeida M.B. Molecular chaperones: toward new therapeutic tools / Almeida M.B., Nascimento J.L., Herculano A.M. and others // *Journal of Molecular Biology.* 2011. V. 65. P. 239–243.
11. Levin A.M. Exploiting a natural conformational switch to engineer an interleukin-2 'superkine' / Levin A.M., Bates D.L., Ring A.M. and others // *Nature.* 2012. V. 484. P. 529–533. doi: 10.1038/nature10975.
12. Rosetta@home - Protein Folding [Electronic resource] URL: <http://boinc.bakerlab.org/rosetta/> (accessed: 9.03.2018)
13. Zandi R. Origin of icosahedral symmetry in viruses / Zandi R., Reguera D., Bruinsma R.F. and others // *Proc. Natl Acad. Sci. USA.* 2004. V. 101. P. 15556–15560. doi: 10.1073/pnas.0405844101.
14. Hsia Y. Design of a hyperstable 60-subunit protein icosahedron / Hsia Y., Bale J.B., Gonen S. and others // *Nature.* 2016. V. 535. P. 136–139. doi:10.1038/nature18010.
15. Ma Y. Virus-based nanocarriers for drug delivery / Ma Y., Nolte R.J., Cornelissen J.J. // *Adv Drug Deliv Rev.* 2012. V. 64. P. 811–825. doi: 10.1016/j.addr.2012.01.005.
16. Smith M.L. Modified Tobacco mosaic virus particles as scaffolds for display of protein antigens for vaccine applications / Smith M.L., Lindb J.A., Dillard-Telm S. and others // *Virology.* 2006. V. 348. P. 475–488. doi: 10.1016/j.virol.2005.12.039.
17. Bauler P. Channeling by Proximity: The Catalytic Advantages of Active Site Colocalization Using Brownian Dynamics / Bauler P., Huber G., Leyh T., and others // *J. Phys. Chem. Lett.* 2010. V. 1. P. 1332–1335. doi: 10.1021/jz1002007.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.83.5.021>

ОПРЕДЕЛЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОГО ВОЗРАСТА У ПЕНСИОНЕРОВ

Научная статья

Чупина М.С.^{1,*}, Гудовских Н.В.², Толмачёв Д.А.³

^{1, 2, 3} ФГБОУ ВО ИГМА Минздрава России, Ижевск, Россия

* Корреспондирующий автор (chupina.margarita[at]yandex.ru)

Анотация

Цель работы: изучение биологического возраста у пенсионеров.

Задачи работы:

1. Изучение литературных источников по теме биологического возраста;
2. Проведение тестовых и физикальных исследований биологического возраста;
3. Определение состояния здоровья исследуемых;
4. Определение зависимости показателей биологического возраста от вида деятельности;
5. Проведение анализа результатов.

Объект исследования: Группы лиц пожилого и среднего возраста.

Нами было обследовано 27 человек в возрасте от 41 до 84 лет. (Из них: 16 работающих и 11 пенсионеров.)

Исследование биологического возраста проводилось по методике В. П. Войтенко.

Ключевые слова: Биологический возраст; календарный возраст; должный биологический возраст; пенсионный возраст; физиологическое состояние организма; старение.

DETERMINATION OF BIOLOGICAL AGE IN PENSIONERS

Research article

Chupina M.S.^{1,*}, Gudovskikh N.V.², Tolmachev D.A.³

^{1, 2, 3} FSBEI of HE ISMA Ministry of Health of Russia, Izhevsk, Russia

* Corresponding author (chupina.margarita[at]yandex.ru)

Abstract

Objective: to study the biological age of retirees.

Goal:

1. To study the literature on the topic of biological age;
2. Conduct test and physical studies of biological age;
3. Determine the health status of the subjects;
4. Determine the dependence of biological age indicators on the type of activity;
5. Analyze the results.

Object: Groups of elderly and middle-aged people.

We have examined 27 people aged from 41 to 84 years. (among them: 16 still work, and 11 are pensioners.) The study of biological age was carried out according to V. P. Voitenko's method.

Keywords: biological age; calendar age; proper biological age; retirement age; physiological condition of the body; aging.

Введение

Пожилые люди являются одной из важнейших социальных групп российского общества. Данная группа является наименее защищённой, социально и биологически уязвимой частью населения. [1] В первую очередь это связано с тем, что этот период характеризуется увеличением проблем со здоровьем и снижением жизненного тонуса и активности организма. Меняется социальный статус человека, что как следствие ведёт к изменениям в психоэмоциональном восприятии себя [1], [2].

Сегодня в Российской Федерации наблюдается активная динамика роста средней продолжительности жизни населения. За последнее десятилетие увеличение ожидаемой продолжительности жизни выросло на 6,5 лет. Исходя из этого, наблюдается рост доли людей старшего поколения.

По данным реформы 2019-2028 годов о повышении пенсионного возраста пенсионерами будут считаться женщины от шестидесяти лет и мужчины от шестидесяти пяти лет. Данная реформа вызвала большой резонанс общественности, вызвав волну негативных возмущений и протестов.

Беспокойство населения вызывает факт отсрочки выхода на пенсию. Ведь с увеличением сроков лет проведённых на работе растёт как физическое, так и психическое перенапряжение. Это ведёт впоследствии к ухудшению состояния организма, развитию болезней и снижению качества жизни.

По мнению специалистов, календарный возраст не отражает истинной оценки состояния здоровья человека, т.к. даёт лишь среднюю характеристику для популяции, исключая индивидуальные различия по скорости нарастания и выраженности изменений [3], [4].

Для того, чтобы полноценно характеризовать самочувствие человека следует использовать более надёжные показатели, позволяющие объективно оценить физиологическое состояние организма человека. Одним из таких показателей является биологический возраст.

Биологический возраст – это показатель, отражающий степень морфологического и физиологического развития организма, который может служить мерой изменения во времени биологических возможностей организма [5].

Биологический возраст даёт возможность оценить относительную степень износа организма и функциональные возможности органов и систем [6].

Материалы и методы

В исследовании приняло участие 27 человек в возрасте от 41 до 84 лет. Из них было: 16 работающих и 11 неработающих пенсионеров. Исследование проводилось по методике В. П. Войтенко.

В ходе работы нами было исследовано три группы людей, каждая из которых занималась определённым родом деятельности:

- Первая группа – изучающие «эзотику» и занимающиеся духовными практиками;
- Вторая группа – занимающиеся духовными практиками и изучением вопросов православия;
- Третья группа – работающие пенсионеры.

Согласно методике были проведены измерения массы тела, артериального давления, пульса, продолжительности задержки дыхания, статистической балансировки [7]. Так же было проведено анкетирование субъективной оценки здоровья (СОЗ).

Анкетирование представляло собой тест из 28 вопросов. Для первых 27 вопросов анкеты возможны ответы "Да" или "Нет". Неблагоприятными считались ответы "Да" на вопросы 1-24 и ответы "Нет" на вопросы 25-27. На вопрос 29 в анкете возможны следующие ответы: «хорошее», «удовлетворительное», «плохое» и «очень плохое» [8]. Неблагоприятным считался один из двух последних ответов. После ответов на вопросы анкеты подсчитывалось общее количество неблагоприятных ответов (оно может колебаться от 0 до 29) [2], [5].

Для расчёта были использованы формулы:

1) Для мужчин:

$$БВ (м) = 26,985 + 0,215 АДС - 0,149 ЗДВ - 0,151 СБ + 0,723 СОЗ$$

2) Для женщин:

$$БВ (ж) = -1,463 + 0,415 АДП - 0,140 СБ + 0,248 МТ + 0,694 СОЗ$$

БВ - биологический возраст

АДС – систолическое артериальное давление

АДП - пульсовое артериальное давление

СБ – статистическая балансировка

СОЗ – субъективная оценка здоровья

В норме для нашей популяции биологический возраст превышает паспортный на срок от трёх до семи лет. Для этого было введено понятие - «должный биологический возраст» [9], [10].

Полученная сумма баллов, отражающая фактический биологический возраст, сравнивалась с таблицей стандартных показателей должного биологического возраста. Результатом являлась полученная разница между должным и фактическим биологическим возрастом.

Статистическая обработка результатов была проведена с помощью программы «Microsoft Office Excel 2010».

Результаты

В результате проведенных нами исследований было выяснено, что наибольшая средняя разница между должным биологическим возрастом (ДБВ) и фактическим биологическим возрастом (ФБВ) наблюдается во второй группе (ФБВ меньше ДБВ), которая составила 13,3 лет. Род деятельности данной группы людей – это углубленное исследование православной религии и занятие духовной практикой.

Средняя разница между фактическим биологическим возрастом и должным биологическим возрастом отмечена в первой группе - 7,7 лет. Род деятельности данной группы – изучение вопросов «эзотики» и занятие духовной практикой.

Наименьший результат был зарегистрирован в третьей группе, который составил 5,6 лет. При этом, отметим, что у одного из пациентов разница составила – 7 лет, что является самым низким показателем, полученным в процессе исследования. Род деятельности данной группы работающие люди пенсионного возраста.

Данные теста «Субъективной оценки здоровья» показали, что 37,0% обследуемых оценивают состояние своего здоровья как «хорошее», 63,0% - как «удовлетворительное».

Выяснилось, что практически каждый второй (44,0%) обследуемый страдает головными болями. Каждого пятого пациента (26,0%) беспокоят боли в области сердца. Преобладающее большинство (63,0%) респондентов отмечали ухудшение зрения.

Самый высокий средний результат теста «СОЗ», который составил 11 баллов, был зарегистрирован в третьей группе, а самый низкий, равный 6 баллам, - в первой группе. Во второй группе показатель был равен 9 баллам. Неблагоприятным считается наиболее высокий результат.

Заключение

Таким образом, по результатам нашего исследования прослеживается прямая средней силы связь $r=0,34$ ($p<0,05$) между биологическим возрастом и видом деятельности респондента.

Результаты нашего исследования показали, что люди не работающие на пенсии чувствуют себя значительно лучше, тех кто работает.

Интересно отметить, что наилучшие показатели были в группе, изучающей православную религию. Можно заметить, что люди, углубленно изучающие христианскую религию, имеют наиболее высокие показатели, как состояния здоровья, так и биологического возраста.

Учёные из университета Огайо (США) обнаружили, что люди, регулярно посещающие церковь, имеют наиболее большие сроки продолжительности жизни. Отчасти такая взаимосвязь вероятно обусловлена психотерапевтическим эффектом. Положительный эмоциональный фон способствует укреплению общего состояния здоровья, влияя в первую очередь на нервную систему [8].

Самые низкие показатели были в группе работающих пенсионеров, что позволяет подчеркнуть актуальность проблемы поднятия пенсионного возраста в Российской Федерации.

Причины могут быть в эмоциональном перенапряжении уже истощённого организма.

Люди этой группы более подвержены риску осложнений сердечнососудистых патологий и нервным стрессам.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы

1. Ена Л.М. Биологический возраст как метод контроля эффективности профилактических мероприятий в геронтологии / Ена Л.М., Токарь А.В. // Превентивная геронтология и гериатрия. Ежегодник. - Киев, 1991: 62 -66.
2. Ахаладзе Н.Г. Определение биологического возраста как проблема геронтологии / Ахаладзе Н.Г., Вайсерман А.М. // Пробл. старения и долголетия. - 1992; 2 (3): 323-330.
3. Абрамович С.Т. Определение биологического возраста человека / Абрамович С.Т., Михалевич И.М. // Методические рекомендации, - Иркутск, 1999: 16
4. Абрамович С.Т. Метод определения биологического возраста человека / Абрамович С.Т., Федотченко А.А., Михалевич И.М., // Сибир. мед. журнал, -1999.-№1,-С. 45-47.
5. Фролькис В.В. Индивидуальный биологический возраст и его межвидовые сопоставления / Фролькис В.В. // Биологический возраст. Наследственность и старение. Геронтология и гериатрия. - Киев, 1984: 24.
6. Войтенко В.П. Физиологические механизмы старения / Войтенко В.П., - Л., 1982.- 228 с.
7. Войтенко В.П. Биологический возраст. Наследственность и старение. Войтенко В.П., Полюхов А.М., Барбарук Л.Г. и др. Войтенко В.П., Полюхов А.М., Барбарук Л.Г. и др. // Геронтология и гериатрия / - Киев, 1984,- С. 5-15.
8. Толмачев Д.А. Отношение к здоровому образу жизни врачей функциональной диагностики // Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики – Москва, 2019.-№1: 289-300.
9. Попова Н.М. Изучение социальных, экономических, гигиенических аспектов здоровья населения и отдельных его групп как основных путей совершенствования лечебно-профилактической помощи / Попова Н.М., Чураков А.Н., Савельев В.Н. // Труды Ижевской государственной медицинской академии сборник научных статей. Ижевск, 2013. С. 29-40.
10. Буднева Т.М. Использование методики определения биологического возраста в практике Ульяновского областного клинического госпиталя ветеранов войн / Буднева Т.М. // 1 Росс, съезд геронтологов и гериатров. - Сборник тезисов и статей. - Самара, 1999,-С.421-422.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Ena L.M. Biologicheskij vozrast kak metod kontrolya effektivnosti profilakticheskikh meropriyatij v gerontologii [Biological age as a method of monitoring the effectiveness of preventive measures in gerontology] / Ena L.M., Tokar A.V. // Preventivnaya gerontologiya i geriatriya. Ezhegodnik. [Preventive gerontology and geriatrics. Yearbook] - Kiev, 1991: 62 -66 p. [in Russian]
2. Ahaladze N.G. Opredelenie biologicheskogo vozrasta kak problema gerontologii [Determination of biological age as a problem of gerontology] / Ahaladze N.G., Vajserman A.M. // Problemy starenia i dolgoletiya. [Problems of aging and longevity]- 1992; 2 (3): 323-330 p. [in Russian]
3. Abramovich S.T. Opredelenie biologicheskogo vozrasta cheloveka [Determination of human biological age] / Abramovich S.T., Mihalevich I.M. // Metodicheskie rekomendacii [Methodical recommendations], - Irkutsk, 1999: 16 p. [in Russian]
4. Abramovich S.T. Metod opredeleniya biologicheskogo vozrasta cheloveka [The method of determining the biological age of man] / Abramovich S.T., Fedotchenko A.A., Mihalevich I.M. and others // Sibirskiy medicinskij zhurnal [Siberian Medical Journal], - 1999.-№1,- 45-47 p. [in Russian]
5. Frolkis V.V. Individualnyj biologicheskij vozrast i ego mezhhidovye sopostavleniya [Individual biological age and its interspecific comparisons] / Frolkis V.V. // Biologicheskij vozrast. Nasledstvennost' i starenie. Gerontologiya i geriatriya. [Biological age. Heredity and aging. Gerontology and geriatrics.] - Kiev, 1984: 24. [in Russian]
6. Vojtenko V.P. Fiziologicheskie mekhanizmy starenia [Physiological mechanisms of aging] / Vojtenko V.P. - L., 1982.- 228 p. [in Russian]
7. Vojtenko V.P. Biologicheskij vozrast. Nasledstvennost' i starenie [Barbaruk L.G. and others. Biological age. Heredity and aging] / Vojtenko V.P., Polyuhov A.M., Barbaruk L.G. and others // Gerontologiya i geriatriya [Gerontology and geriatrics]- Kiev, 1984,- 5-15 p. [in Russian]
8. Tolmachev D.A. Otnoshenie k zdorovomu obrazu zhizni vrachej funkcional'noj diagnostiki [Attitude to a healthy lifestyle of doctors of functional diagnostics] / Tolmachev D.A. // Sovremennye problemy zdavoohraneniya i medicinskoj statistiki [Modern problems of public health and medical statistics] – Moskva, 2019.-№1: 289-300 p. [in Russian]
9. Popova N.M. Izuchenie social'nyh, ekonomicheskikh, gigienicheskikh aspektov zdorov'ya naseleniya i otdel'nyh ego grupp kak osnovnyh putej sovershenstvovaniya lechbeno-profilakticheskoy pomoshchi [The study of social, economic, hygienic aspects of public health and its individual groups as the main ways to improve treatment and preventive care] / Popova N.M., CHurakov A.N., Savel'ev V.N. and others // Trudy Izhevskoj gosudarstvennoj medicinskoj akademii sbornik nauchnyh statej.[Proceedings of Izhevsk State Medical Academy, a collection of scientific articles.] Izhevsk, 2013. - 29-40p. [in Russian]
10. Budneva T.M. Ispol'zovanie metodiki opredeleniya biologicheskogo vozrasta v praktike Ul'yanovskogo oblastnogo klinicheskogo gospihtalya veteranov vojn [Using the method of determining the biological age in the practice of the Ulyanovsk Regional Clinical Hospital of War Veterans] / Budneva T.M. // 1 Ross, s"ezd gerontologov i geriatrov. - Sbornik tezisov i statej.[1 Ross, Congress of Gerontologists and Geriatrics. - Collection of theses and articles.] - Samara, 1999,- 421-422 p. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.83.5.022>**ВЗАИМОСВЯЗИ ИММУНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОСТВАКЦИНАЛЬНОГО ИММУННОГО ОТВЕТА У ОВЕЦ**

Научная статья

Ездакова И.Ю.^{1,*}, Попова Е.В.², Григорьев А.Г.³, Ковайкина В.М.⁴¹ ORCID:0000-0002-8467-4920;^{1, 2, 3, 4} ФГБНУ «Федеральный научный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии имени К.И.Скрябина и Я.Р.Коваленко Российской академии наук», Москва, Россия

* Корреспондирующий автор (ezdakova.i[at]viev.ru)

Аннотация

Иммунная система организма является макроскопической системой и число составляющих ее компонентов, влияющих на развитие иммунного ответа пока полностью не изучены. В наших предыдущих исследованиях, для характеристики иммунных процессов пользовались некими постоянными, в которых большое число составляющих иммунной реакции заменяется одной величиной - конституционной константой (сильные устойчивые корреляции иммунологических показателей). Для изучения механизмов координации структурных компонентов иммунитета в начале каскадных реакций иммунного ответа предлагается использовать корреляционный анализ экспериментальных данных. Новизна исследований заключается в обработке иммунологических показателей способом множественных линейных корреляций, позволяющих определить корреляционный профиль вакцинации. В крови и сыворотке овец определяли относительное количество иммунокомпетентных клеток, фагоцитарную активность и уровень IgG. Анализ результатов иммунологических исследований первых суток поствакцинального иммунного ответа выявил значительную разницу в направленности устойчивых корреляций при введении бактериальной и вирусной вакцины. Учитывая коэффициенты корреляции иммунологических показателей, мы построили графическую модель первых суток иммунного ответа.

Ключевые слова: поствакцинальный иммунный ответ, корреляции, иммунологические показатели, овцы.**INTERRELATIONS OF IMMUNOLOGICAL PARAMETERS OF POST-VACCINE IMMUNE RESPONSE AT SHEEP**

Research article

Ezdkova I.Yu.^{1,*}, Popova E.V.², Grigoriev A.G.³, Kovaikina V.M.⁴¹ ORCID: 0000 -0002-8467-4920;^{1, 2, 3, 4} Federal State Scientific Institution "Federal Research Center – All-Russian Scientific Research Institute of Experimental Veterinary Medicine named after K.I. Scriabin and Ya. R. Kovalenko of the Russian Academy of Sciences", Moscow, Russia

* Corresponding author (ezdakova.i[at]viev.ru)

Abstract

The immune system of a body is a macroscopic system, and the number of its constituent components that affect the development of the immune response has not yet been fully studied. In our previous studies, in order to characterize immune processes, we used certain constants, in which a large number of components of the immune response are replaced by a single value – a constitutional constant (strong, stable correlations of immunological parameters). To study the coordination mechanisms of the structural components of an immune system at the beginning of the cascade reactions of the immune response, it is proposed to use the correlation analysis of experimental data. The novelty of the research lies in the processing of immunological parameters by the multiple linear correlations method, which allow us to determine the correlation profile of vaccination. In the blood and serum of sheep, the relative number of immunocompetent cells, phagocytic activity, and IgG level were determined. The analysis of the results of immunological studies of the first day of the post-vaccination immune response revealed a significant difference in the direction of stable correlations with the introduction of bacterial and viral vaccines. Given the correlation coefficients of immunological parameters, we built a graphical model of the first day of the immune response.

Keywords: post-vaccine immune response, correlations, immunological parameters, sheep.**Введение**

В настоящее время, как и более 100 лет назад, одним из самых эффективных и значимых для человечества методов борьбы с инфекционными болезнями является вакцинация. Сущность вакцинации сводится к обучению иммунной системы быстрой защите с образованием высокоаффинных протективных антител. Согласно современной теории иммунитета, чужеродный патоген выбирает и активизирует те В-лимфоциты, которые несут комплементарные к нему иммуноглобулины. Именно антигены в определенной дозе индуцируют нужную форму иммунного ответа - это образование специфических антител к внеклеточным микроорганизмам и их токсинам или формирование клеточного иммунитета к внутриклеточно размножающимся возбудителям. Вакцинные патогены или их фрагменты в процессе развития иммунного ответа активируют структурные компоненты иммунной системы, что приводит к образованию эффекторных клеток и «клеток памяти». Первыми такими структурными компонентами являются макрофаги, которые поглощают и разрушают патоген, представляя на своей поверхности его фрагменты. Активация иммунокомпетентных клеток сопровождается продукцией цитокинов, запускающих каскады иммунных реакций. Известно, что

представление макрофагам бактериальных и вирусных антигенов происходит двумя различными путями [1]. Именно презентация антигена в первые часы иммуногенеза обуславливает дальнейший путь развития иммунных реакций. Комплекс процессированного антигена и молекул главного комплекса гистосовместимости класса II (МНС II) может активировать CD4-Т-клетки, индуцировать их пролиферацию, секрецию цитокинов, что направлено на уничтожение внеклеточных патогенов. Представление антигена CD8 (цитотоксическим) Т-лимфоцитам осуществляется через формирование антигенпредставляющей клеткой комплекса антигена с белком МНС класса I, который затем присоединяет убиквитин в качестве метки для деградации и поступает в протеасому, где подвергается расщеплению. Молекулами МНС I обладают практически все ядерные клетки организма, что значительно расширяет возможности активации цитотоксических реакций, играющих основную роль в противовирусном иммунитете.

Иммунная система организма является макроскопической системой и число составляющих ее компонентов (от атомов до молекул), влияющих на развитие иммунного ответа пока полностью не изучены. Поэтому, в наших предыдущих исследованиях, для характеристики иммунных процессов пользовались некими постоянными, в которых большое число составляющих иммунной реакции заменяется одной величиной - конституционной константой (сильные устойчивые корреляции иммунологических показателей) [2]. Каждый компонент иммунной системы функционирует во взаимодействии с другими структурами и количественная характеристика одного показателя не отражает состояния иммунной системы в целом. Определение взаимосвязи иммунологических параметров положены в основу способов параметрической количественной оценки функционального состояния организма, что позволяет выявить и оценить тенденции в процессе иммунного ответа. Для этого используют корреляционный анализ, позволяющий определять тесноту связи между количественными показателями [3], [4].

В наших предыдущих исследованиях корреляционный анализ иммунологических показателей показал наличие отрицательной функциональной связи между числом клеток специфического звена иммунитета – лимфоцитами и фагоцитами-нейтрофилами, которые являются клетками врожденной иммунной системы [5]. Следует отметить, что функциональные связи, определяемые как сильные устойчивые корреляции, играют важную роль в нормальном функционировании различных систем организма, так как они показывают сбалансированность работы их компонентов [6]. Наличие сильной отрицательной корреляции лимфоциты—нейтрофилы свидетельствует о довольно высоком уровне здоровья, хороших адаптивных возможностях иммунной системы, прогнозе эффективности вакцинации. Определение устойчивых корреляций позволяет найти не только более точные диагностические ориентиры при проведении профилактических мероприятий, но и дать характеристику механизмам поствакцинального иммунитета.

Для изучения механизмов координации структурных компонентов иммунитета в начале каскадных реакций иммунного ответа предлагается использовать корреляционный анализ экспериментальных данных. Новизна исследований заключается в обработке иммунологических показателей способом множественных линейных корреляций, позволяющих определить корреляционный профиль вакцинации. Работа продолжает исследования состояния иммунной системы животных и поиск устойчивых корреляционных взаимосвязей иммунологических показателей в процессе поствакцинального иммунного ответа.

Методы исследования

Образцы крови овец (возраст 2,5 года) получены с опытной базы ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН. У исследуемых групп животных (1 группу иммунизировали вакциной против колибактериоза, 2 группу против оспы) была взята кровь (сыворотка крови) для определения иммуноглобулинов класса G методом простой радиальной иммунодиффузии с использованием моноспецифических антисывороток к Ig крупного рогатого скота. Фагоцитарную активность определяли по проценту фагоцитов, захвативших частицы латекса. Равные объемы крови с антикоагулянтом и раствора латекса ($0,5 \times 10^6$) в питательной среде RPMI-1640, смешивали и инкубировали при $t 37^{\circ}\text{C}$ в течение 30 мин. Из взвеси готовили мазки, высушивали, фиксировали, окрашивали азури-эозином и подсчитывали количество фагоцитирующих клеток. Лейкоцитарную формулу определяли по стандартным методикам.

Для обработки полученных результатов были применены компьютерные программы «SPSS - Statistical package for the social sciences» и «Excel».

Результаты и обсуждение

Иммунный ответ при вакцинации имеет ряд особенностей, определяемых спектром антигенных детерминант, входящих в состав вакцинного препарата. Модуляция уровня иммунокомпетентных клеток в процессе иммунного ответа на бактериальный и вирусный антигены обусловлена различием в механизме его формирования, так бактериальный антиген более продолжительно воздействует на адгезивную активность рецепторов макрофагов и Т-клеток по сравнению с вирусным [2]. Учитывая это, в качестве модельных антигенов в настоящей работе использовали аттенуированную вирусную и инактивированную бактериальную вакцины.

Сопряженность параметров состояния иммунной системы играет важную роль в формировании адекватного иммунного ответа на различные типы антигенов. Чем большую нагрузку испытывает иммунная система, тем больше регистрируется сильных корреляций ее структурных компонентов. При анализе корреляционных взаимосвязей было изучено 10 пар иммунологических показателей.

Корреляционный анализ используется для определения силы и направления связи между переменными. Значение коэффициента корреляции представляется следующим образом: $r=1,0$ – наличие функциональной связи между показателями; $r \geq 0,7$ – наличие сильной связи; r от 0,3 до 0,7 – наличие средней связи; $r \leq 0,3$ – наличие слабой связи; $r=0$ – отсутствие связи между показателями. Интерпретация коэффициента корреляции при отрицательном значении остается такой же. [7].

В результате проведенных исследований была установлена отрицательная корреляция количественных показателей сегментоядерных нейтрофилов и лимфоцитов крови овец 1-ой ($r=-0,9$) и 2-ой группы ($r=-0,97$), что является маркером нормального функционирования иммунной системы и показывает относительную независимость

врожденного и адаптивного иммунитета. Эти данные согласуются с нашими предыдущими исследованиями корреляционных пар иммунологических показателей у разных видов животных [2], [5].

Анализ результатов иммунологических исследований первых суток поствакцинального иммунного ответа выявил значительную разницу в направленности устойчивых корреляций при введении бактериальной и вирусной вакцины. Учитывая коэффициенты корреляции иммунологических показателей, мы построили графическую модель первых суток иммунного ответа (рис.).

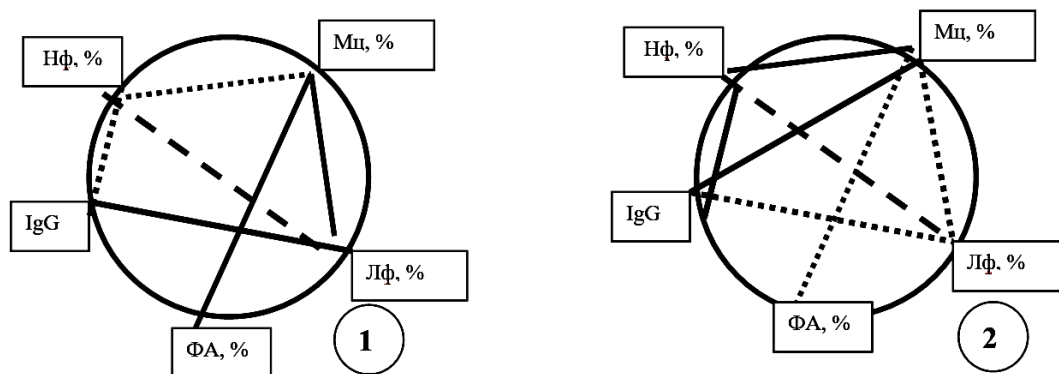


Рис. 1 – Корреляционный профиль устойчивых взаимосвязей показателей иммунного статуса овец 1 (1) и второй (2) групп

Примечание.: Нф-нейтрофилы; ; Мц-моноциты; ФА- фагоцитарная активность; Лф-лимфоциты; ____ прямая связь при $p < 0,05$;обратная связь при $p < 0,05$

Корреляционный профиль первых суток иммунного ответа (ИО) на бактериальную вакцину отличается от ИО на вирус-вакцину, что согласуется с классическими представлениями о презентации эндогенных и экзогенных антигенов. Экспериментальные данные показали, что иммуногенез на бактериальный антиген характеризуется устойчивыми положительными взаимосвязями между показателями моноцитов, фагоцитарной активностью и лимфоцитами. При введении вакцины запускается каскад иммунных реакций, который приводит к представлению антигена клеткам, в том числе моноцитам и В-лимфоцитам. Эти клетки под влиянием сигнальных молекул пролиферируют и активно захватывают введенный антиген, что отражается в значимых положительных корреляциях их показателей. Сопряженность показателей числа лимфоцитов и уровня иммуноглобулинов указывает на начало развития гуморального иммунного ответа.

С другой стороны, первые сутки иммунного ответа на вирус-вакцину характеризуются устойчивой функциональной связью между относительным количеством моноцитов, нейтрофилов и уровнем иммуноглобулинов. Данная зависимость отражает процесс неспецифического антителозависимого фагоцитоза. Моноциты и нейтрофилы крови, имея на мембране Fc-рецепторы для Fc-фрагмента естественных IgG, в сотни раз быстрее поглощают комплексы антиген-антитело. Обратная корреляция между концентрацией IgG и числом лимфоцитов показывает начало развития клеточного иммунного ответа, направленного на пролиферацию и дифференцировку цитотоксических лимфоцитов.

Заключение

В результате проведенных исследований определены корреляции иммунологических показателей в первые сутки иммунного ответа, отражающие современные представления о начальном этапе иммуногенеза. Бактериальный антиген стимулирует развитие гуморального иммунного ответа, рестриктированного по молекулам МНС II класса (положительные корреляции между показателями моноцитов, лимфоцитов и фагоцитарной активностью). Вирус-вакцина в первые сутки ИО активизирует преимущественно цитотоксические клеточные реакции.

Таким образом, принимая во внимание изложенные выше результаты, предлагаем при разработке новых вакцинных и лечебных препаратов учитывать количество и направленность функциональных связей между показателями иммунного ответа.

Финансирование

Работа выполнена в рамках государственного задания № 0578-2014-0018.

Конфликт интересов

Не указан.

Funding

The work was performed in the framework of state project No. 0578-2014-0018.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы/ References

1. Цинкернагель Р. Основы иммунологии. /Р.Цинкернагель, М:Мир.-2008.-135с.
2. Ездакова И.Ю. Методические принципы оценки поствакцинального иммунного ответа / И.Ю.Ездакова //Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук.-2013.-№1.-С.49-51.
3. Стручко Г.Ю. Корреляционный анализ взаимоотношений структур тимуса и крови после использования полиоксидония / Г.Ю.Стручко, Л.М.Меркулова, М. Захид и др. //Медицина и образование в Сибири.- 2012.- №2. -С.57-65
4. Gallin J.I. Principles and practice of clinical research / J.I. Gallin - Academic Press. 2017. -824 p.
5. Диагностические критерии оценки состояния иммунной системы быков-производителей / И.Ю.Ездакова, М.А.Еремина, М.С.Ефремова, Е.В.Фёдорова // Ветеринария и кормление. -2014. -№2.-С.10-12
6. Михайленко А.А. Роль корреляционных взаимосвязей в оценке функциональных возможностей иммунной системы/ А.А.Михайленко, Т.А.Федотова //Иммунология.2000.-№6.-С.59-61.
7. Гржибовский А.М. Экологические (корреляционные) исследования в здравоохранении/ А.М. Гржибовский, С.В.Иванов, М.А.Горбатова //Наука и здравоохранение.2015.-№5.-С.5-18

Список литературы на английском языке / References in English

1. Zinkernagel R. Osnovy immunologii [Basics of Immunology]. / R.Zinkernagel, M: Mir.-2008.-135p. [in Russian]
2. Ezbekova I.Yu. Metodicheskie principy ocenki postvakcinal'nogo immunnogo otveta [Methodological principles for the evaluation of post-vaccine immune response] / I.Yu.Ezbekova // Doklady Rossijskoj akademii sel'skohozyajstvennyh nauk [Reports of the Russian Academy of Agricultural Sciences].-2013.-№1.-P.49-51. [in Russian]
3. Struchko G.Yu. Korrelyacionnyj analiz vzaimootnoshenij struktur timusa i krovi posle ispol'zovaniya polioksidoniya [Correlation analysis of the relationship between the structures of the thymus and blood after using polyoxidonium] / G.Yu.Struchko, LMMerkulova, M. Zahid // Medicina i obrazovanie v Sibiri [Medicine and education in Siberia] .- 2012.- №2. -P.57-65 [in Russian]
4. Gallin J.I. Principles and practice of clinical research / J.I. Gallin - Academic Press. 2017. -824 p.
5. Diagnosticheskie kriterii ocenki sostoyaniya immunnoj sistemy bykov-proizvoditelej [Diagnostic criteria for assessing the state of the immune system of manufacturing bulls] / I.Yu.Ezbekova, MA Eremina, M.S. Efremova, E.V. Fedorov // Veterinary and Feeding. -2014. -№2.-P.10-12 [in Russian]
6. Mikhaylenko A.A. Rol' korrelyacionnyh vzaimosvyazej v ocenke funkcional'nyh vozmozhnostej immunnoj sistemy [The role of correlation relationships in assessing the functionality of the immune system] / A.M.Mikhaylenko, T.A.Fedotova // Immunologiya [Immunology].2000.-№6.-P.59-61. [in Russian]
7. Grzhibovsky A.M. Ekologicheskie (korrelyacionnye) issledovaniya v zdavoohranenii [Ecological (correlation) research in public health] / A.M. Grzhibovskiy, S.V. Ivanov, M.A.Gorbatova // Nauka i zdavoohranenie [Science and Healthcare] 2015.-№5.-P.5-18 [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.83.5.023>**ВЕТЕРИНАРНО-САНИТАРНАЯ ОЦЕНКА БАРАНИНЫ ПОСЛЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНОЙ ДОБАВКИ «ЙОДДАР»**

Научная статья

Рыжова Д.Д. *

ORCID: 0000-0002-3853-8127,

Аграрно-технологический институт РУДН, Москва, Россия

* Корреспондирующий автор (Ross1313[at]mail.ru)

Аннотация

В работе приведены результаты исследований влияния препарата Йоддар на качество мяса МРС. Было установлено, что при применении баранам опытной группы препарата Йоддар мясо по всем показателям качества соответствует нормам, а также по некоторым показателям лучше мяса контрольной группы. Целью исследования стало изучение влияния биологически активной добавки «Йоддар» на основные показатели безопасности и качества мяса овец, полученного от животных, находящихся в условиях биогеохимической по йоду провинции. В ходе эксперимента у животных всех групп учитывался прирост живой массы и затраты корма на 1 кг прироста живой массы. Убой животных для проведения ветеринарно-санитарной экспертизы был проведен на убойном пункте. При этом «Технологическая инструкция по переработке скота на предприятиях мясной промышленности» была соблюдена в полном объеме. Микроскопические и бактериологические показатели мяса баранчиков существенных отличий не имели и соответствовали норме, однако лучшие показатели отмечены у мяса, полученного от опытной группы, что можно объяснить бактерицидными свойствами йода, переходящего в ткани организма. Препарат «Йоддар» можно рекомендовать к широкому использованию для овцеводческих хозяйств РФ, из-за его положительного влияния на обмен веществ, прирост живой массы и отсутствия негативного влияния на безопасность и качество мяса.

Ключевые слова: препараты йода, Йоддар, ветеринарно-санитарная экспертиза баранины, овцеводство, бараны, качество мяса, безопасность продуктов.

VETERINARY AND SANITARY EVALUATION OF MUTTON AFTER USING BIOLOGICALLY ACTIVE FEED ADDITIVE “YODDAR”

Research article

Ryzhova D.D. *

ORCID: 0000-0002-3853-8127,

ATI PFUR, Moscow, Russia

* Corresponding author (ross1313[at]mail.ru)

Abstract

The results of studies of the effect of drug Yoddar on the meat quality of small cattle are given. It was revealed that when using the rams of the experimental group of drug Yoddar, meat meets the standards in all quality indicators, besides for some indicators it is better than meat in the control group. During the experiment, live weight and cost per 1 kg of live weight of animals of all groups are taken into account. Veterinary-sanitary examination was carried out on the slaughter site. Besides, the “technological instruction for waste processing at the enterprise of the meat industry” was fully observed. The microscopic and bacteriological indicators of the meat rams do not show that they have the best indicators that can be obtained from the experimental groups, which can explain the bactericidal properties of iodine, which enter into the body tissues. The obtained results suggest that the use of biologically active feed additive Yoddar on sheep farms of the Russian Federation is advisable because of its positive effect on metabolism, weight gain and the absence of negative impact on the safety and quality of meat.

Key words: “Yoddar” medication, Yoddar, veterinary-sanitary evaluation of mutton, sheep breeding, sheep, meat quality, food safety.

Introduction

Intensification and increase in livestock production, particularly in its sheep rearing sub-branch, requires the use of new remedies and medications. One of them is biologically active feed additive “Yoddar”, which makes it possible to correct iodine insufficiency of cattle, that is common for the majority of regions with efficient sheep rearing (Altai Krai, Buryatia, Vladimir and Moscow regions, The North Caucasus, Stavropol Krai and others) [1], [3], [8]. Endemicity of iodine deficiency in the regions of the Russian Federation is typical and emerges strictly in those areas (biogeochemical provinces), where iodine content in soil and water is comparatively low [2], [9], [10].

Through the effect of iodine on metabolism towards its enhancing, iodine conduces to better feed conversion, correction of the biochemical blood indicators, improvement of semen quality and, as a result, to accelerating of height and gaining of live weight, increasing of the ewe conception rate and the quantity of lambs. The conducted studies proved the effective use of feed additive “Yoddar” in preventing iodine deficiency of sheep as well as in increasing the output in the state of biogeochemical provinces on the territory of the Russian Federation. Nonetheless, there is no information concerning the impact of “Yoddar” drug on the safety and quality data of sheep rearing products, particularly on mutton.

The goal of the research was to study the impact of biologically active feed additive “Yoddar” on the basic safety data and meat quality, produced from the animals living in the state of provinces, which are biogeochemical in iodine.

The task was to make veterinary-sanitary evaluation of lamb under nutritional intervention of biologically active feed additive “Yoddar”.

Materials and methods

20 Romanov rams (belonging to FSBSI “All-Russia Sheep and Goat Breeding and Research Institute” Russian Academy of Sciences, OAO “Stavropolskoye”, “Pedigree farm”) of the same age and with the clinical features of hypothyrosis were subdivided into two groups: the first one (the control one) was fed with the basic diet, common for agriculture: hay of various grasses, concentrated feedstuff (oat 20% + barley 30% + wheat 30% + corn 20%), mineral food (cattle salt and chalk). The second group (the experimental one) was fed with the basic diet + “Yoddar” at a daily dose of 100 mcg.

The animals were kept under the same conditions, the experiment lasted for 90 days, “Yoddar” was given to each animal individually in the course of feeding in pills.

In the course of the experiment live weight gain and feed spending per 1 kg of the live weight gain were taken into consideration. The slaughter for the inspect for disease and sanitation was carried out on the slaughter unit. “Processing Instruction for Live Stock Dressing in the Meat Packing Industry” (1979) was fully obeyed.

The studied data: the dynamics of live weight gain of ram lambs, the organoleptic parameters of meat (according to GOST 23392-78), the chemical composition of meat, besides, the microscopic analysis (according to GOST 23392-78) and the bacteriological analysis were carried out.

Results

The total preslaughter live weight of the animals belonging to the experimental group amounted 422 kg, that amounts 106,8% to the control group, the absolute gain in the experimental group within 90 days was 130,4 kg, that amounts 135,5% to the control, the daily average gain in the experimental group amounted 145g daily, that corresponds 126,0% to the control. Thus, the higher pace of live weight gain was observed among the animals of the experimental group, which were on medication “Yoddar” at a daily dose of 100mcg, added to their basic diet (Table 1).

Table 1 – The dynamics of live weight gain of ram lambs

Parameters	Group	
	group I (control)	group II (experimental)
Average live weight of a ram, kg	29,12	29,16
Average live weight of a ram before slaughtering, kg	39,5	42,2
Absolute live weight gain per head, kg	10,38	13,04
Daily average live weight gain per head, kg	115	145
Relative live weight gain per head, %	100	126

For defining the organoleptic and physical-chemical parameters certain meat samples of flexor and extensor muscles of forelimbs and hind limbs were taken, rib eye and tissues were used in studying the chemical composition of meat and its offal. The meat samples were analyzed in fresh, right after the slaughtering. The samples were taken according to GOST 7269 – 79. Each sample weighed not less than 200 g.

Organoleptic parameters of the ram lambs fresh meat were estimated commissionly on a scale from one to ten (Table 2).

Table 2 – Organoleptic parameters of ram lambs the fresh meat

Parameters	Animal groups and appraisal by points	
	Group 1 (control) BD	
Habit	7,73	Habit
Colour	6,89	Colour
Taste	7,13	Taste
Scent	6,43	Scent
Body	7,53	Body
Avarage appraisal	7,13	Avarage appraisal

According to the results of the organoleptic analysis, inference should be drawn that, there is no significant difference between the meat samples of the control and experimental groups or it remains within the measurement accuracy. Thus, the use of “Yoddar” additive in the basic diet does not have an impact on the above-mentioned organoleptic parameters of rams meat. The quality of meat is generally influenced by its chemical composition. It accounts for nutritional quality, which is crucial for satisfying human’s needs in basic nutrients. Whereas chemical composition is on feeding, biological additives and medications, used in the basic diet of animals. The impact of “Yoddar” drug on the chemical composition of mutton was studied from experiments.

The results are presented in Table 3.

Table 3 – Overall chemical composition and calorific value of meat

Parameters	Group 1 (control) BD	Group II (Experimental) BD + Yoddar
Water, %	75,33	71,83
Solids, %	21,83	25,13
Protein, %	18,63	20,53
Fat, %	3,13	4,43
Ash, %	0,93	0,93
Calorific value, kcal	101,97	122,26

Lean tissues of the rams, belonging to the first group were marked by higher percentage of moisture: 3,5% more than in the second group. The amount of solids was 3,3% lower, protein was 1,9% lower and fat was 1,3% lower. The amount of ash in lean tissues of the rams from the first and the second groups did not show any considerable differences. According to the table presented, it is possible to relate daily use of “Yoddar” additive in the second group to declining amount of water in meat. The total upgrade of nutritional quality and calorific value in the experimental group, caused by the use of the medication is remarkable as well.

Physical-chemical research data presented in Table 4 does not show any considerable differences and corresponds to the parameters of fresh meat.

Table 4 – Physical-chemical parameters of the fresh ram lambs meat

Parameters	Fresh meat	Group I (control) BD	Group II (experimental) BD+Yoddar
pH	5,7 - 6,2	6,1+-0,12	6,0+-0,14
Reaction with 5% CuSO ₄	Broth remained transparent	Broth remained transparent	Broth remained transparent
Reaction of anaerobes	Positive (blue-green colour, rapidly turning into grayish brown)	+	+
Content of amino-ammoniac nitrogen (mg/10 cm ³ ratio)	No more than 1,26	1,10+-0,15	1,06 ± 0,16 mg.

Microbiological researches allow saying that there are no considerable differences between the meat samples of the experimental and the control groups, both meet regulations. The amount of mesophilic aerobes and facultative anaerobes in the second group is lower than the first one, presumably, on account of bacteriostatic action of iodine.

Table 5 – Microbiological indicators of the fresh rams meat

Parameters	Norm	Group I (control) BD	Group II (Experimental) BD+Yoddar
Coliforms	Not allowed	0	0
The amount of mesophilic aerobes and facultative anaerobes, КОЕ*/г, не более	10	3	0

Conclusions

The use of “Yoddar” in the basic diet of rams contributes to the increasing of the dynamics of live weight gaining. Organoleptic and physical-chemical parameters of meat after the use of the medication meet the regulations; this proves that the medication does not have any negative impact on the quality indicators of the products. The chemical composition of the rams meat from the experimental group exhibited upgrading of meat quality comparing to the control group. Microscopic and bacteriological findings of the rams meat were not marked by any considerable differences and met all regulations. Nonetheless, better indicators were characteristic of the meat from the experimental group, this can be explained by microbicidal properties of iodine, entering the tissues.

With regard to the carried out inspection for disease and sanitation and positive results of the veterinary research, “Yoddar” medication can be recommended for common usage on sheep enterprises in the Russian Federation, owing to its positive impact on metabolism, live weight gaining and no negative influence on safety and meat quality data.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Верещак Н.А. Коррекция йоддефицитного состояния у высокопродуктивных коров с применением кормовой добавки «Йоддар» / Верещак Н.А., Соколова О.В., Белоусов А.И. и др. // Аграрный вестник Урала. –2012. – №10 (102) – С. 13-14.
2. Манукало С.А. Йодная недостаточность в животноводстве / Манукало С.А., Шантыз А.Х. // Ветеринария Кубани. – 2010. – №5. – С. 7-8.
3. Михайленко А.К. Гормонообразующая функция щитовидной железы в разных экологических зонах / Михайленко А.К., Ашихмина Е.В. // Сб. трудов VIII научно-практ. конференции с межд. участием «Проблемы экологической безопасности и сохранения природно-ресурсного потенциала». – Северный Кавказ, Ставрополь. – 2012. – С. 89-90
4. Петров А.К. Действие йодсодержащих на биохимические показатели крови и откормочные показатели молодняка овец / Петров А.К., Гнездилова Л.А. // Вестник РУДН. Серия: Агрономия и животноводство. – 2015. – № 1. – С. 48-54.

5. Петров А.К. Влияние препаратов йода на качество и оплодотворяющую способность спермы баранов в ставропольском крае / Петров А.К., Гнездилова Л.А. // Вестник АПК Ставрополя. – 2016. – №1. – С. 103-107.

6. Петров А.К. Возможности применения препаратов йода для повышения воспроизводительной способности овцематок и улучшения гормонального статуса ягнят. Петров А.К., Гнездилова Л.А., Петрова Т.Н // Приоритетные научные направления: от теории к практике. – 2015. – № 20-1. – С. 26-30.

7. Петров А.К. Применение препаратов йода для профилактики патологии послеродового периода у овцематок и улучшения гормонального статуса ягнят / Петров А.К., Гнездилова Л.А. // Вестник Российского университета дружбы народов (Серия агрономия и животноводство). –М.: РУДН. – 2015. – №3. – С. 95-100.

8. Рыжов А.А. Микроэлементный премикс Хелавит® результаты перспективы / Рыжов А.А. // Farm Animals. – 2015. – №1 (8) – С. 39-40.

9. Самохин В.Т. Профилактика нарушений обмена микроэлементов у животных / Самохин В.Т. – Воронеж: Воронежский государственный университет, 2003. – 136 с

10. Талантов В.В. Актуальные проблемы заболеваний щитовидной железы / Талантов В.В. //Тезисы докладов I Всероссийской научно-практической конференции. – М.: 2000. – С. 144

Список литературы на английском языке / References in English

1. Vereshhak N.A. Korrekciya joddeficitnogo sostoyaniya u vy'sokoproduktivny`x korov s primeneniem kormovoj dobavki «Joddar» [Correction of iodine deficiency in highly productive cows with the use of the feed additive "Joddar"] / N.A. Vereshhak, O.V. Sokolova, A.I. Belousov, A.S. Krasnoperov // Agrarny`j vestnik Urala [Agrarian Bulletin of the Urals]. – 2012. – №10 (102). – P. 13-14. [in Russian]

2. Manukalo S.A. Jodnaya nedostatochnost` v zhivotnovodstve [Iodine deficiency in animal husbandry] / S.A. Manukalo, A.X. Shanty`z // Veterinariya Kubani [Kuban veterinary medicine]. – 2010. – №5. – P. 7-8. [in Russian]

3. Mixajlenko A.K. Gormonoobrazuyushhaya funkciya shhitovidnoj zhelezy` v razny`x e`kologicheskix zonax [Thyroid gland in different ecological zones] / Mixajlenko A.K., Ashixmina E.V. // Sb. trudov VIII nauchno-prakt. konferencii s mezhd. uchastiem «Problemy` e`kologicheskoy bezopasnosti i soxraneniya prirodno-resursnogo potentsiala» [Sb. works VIII Scientific and practical conference with int. with the participation of "Problems of environmental safety and conservation of natural resource potential." - North Caucasus], Stavropol`. – 2012. – P. 89-90 [in Russian]

4. Petrov A.K. Dejstvie jodsoderzhashhix preparatov na bioximicheskie pokazateli krovi i otkormochny`e pokazateli molodnyaka ovezs [Action of iodine on blood biochemical parameters and fattening parameters of young sheep] / A.K. Petrov, L.A. Gnezdilova // Vestnik RUDN. Seriya: Agronomiya i zhivotnovodstvo [Bulletin of RUDN. Series: Agronomy and Livestock]. – 2015. – № 1. – P. 48-54. [in Russian]

5. Petrov A.K. Vliyanie preparatov joda na kachestvo i oplodotvoryayushhuyu sposobnost` spermy` baranov v stavropol'skom krae [The effect of iodine preparations on the quality and fertilizing ability of sheep sperm in the Stavropol region] / A.K. Petrov, L.A. Gnezdilova // Vestnik APK Stavropol'ya [Bulletin of the APK of Stavropol]. – 2016. – №1. – P. 103-107. [in Russian]

6. Petrov A.K. Vozmozhnosti primeneniya preparatov joda dlya povыsheniya vosproizvoditel'noj sposobnosti ovcematok i uluchsheniya gormonal'nogo statusa yagnyat [The possibilities of using iodine preparations to increase the reproductive ability ewes and improving the hormonal status of lambs] / A.K. Petrov, L.A. Gnezdilova, T.N. Petrova // Prioritetny`e nauchny`e napravleniya: ot teorii k praktike [Priority scientific directions: from theory to practice]. – 2015. – № 20-1. – P. 26-30. [in Russian]

7. Petrov A.K. Primenenie preparatov joda dlya profilaktiki patologii poslerodovogo perioda u ovcematok i uluchsheniya gormonal'nogo statusa yagnyat [The use of iodine preparations for prevention of postpartum pathology in ewes and improve the hormonal status of lambs] / A.K. Petrov, L.A. Gnezdilova // Vestnik Rossijskogo universiteta družby` narodov (Seriya agronomiya i zhivotnovodstvo) [Russian Herald University of Friendship of Peoples (Series of Agronomy and Livestock)]. – М.: RUDN. – 2015. – №3. – P. 95-100. [in Russian]

8. Ry`zhov, A.A. Mikroelementny`j premiks Xelavit® rezul'taty` perspektivy` [Trace element premix Helavit® results prospects] / A.A. Ry`zhov // Farm Animals. – 2015. – №1 (8) – P. 39-40. [in Russian]

9. Samoxin V.T. Profilaktika narushenij obmena mikroelementov u zhivotny`x [Prevention of metabolic disorders of trace elements in animals] / V.T. Samoxin. – Voronezh State University, 2003. – 136 p. [in Russian]

10. Talantov V.V. Aktual'ny`e problemy` zabolevanij shhitovidnoj zhelezy` [Actual problems of diseases of the thyroid gland] / V.V. Talantov // Tezisy` dokladov I Vserossijskoj nauchno–prakticheskoy konferencii [Abstracts of the I All-Russian Scientific Practical Conference]. – М.: 2000. – P. 144. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.83.5.024>**ОПТИМИЗАЦИЯ АГРОЛАНДШАФТОВ АЛЕКСЕЕВСКОГО РАЙОНА ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ**

Научная статья

Денисова Е. В. *

ORCID: 0000-0003-1885-2095,

ФНЦ Агроэкологии РАН, Волгоград, Россия

* Корреспондирующий автор (denisov.00[at]mail.ru)

Аннотация

Изменения в агропромышленном комплексе страны должны положительным образом отражаться на уровне развития сельского хозяйства. Однако это не должно проявляться в резком снижении продуктивности используемых земель, а также их полной деградации. Оптимизация агроландшафтов исследуемого района предполагает совершенствование системы агротехнического земледелия, которое обеспечивает учет и соизмерение количественного и качественного состояния всех сельскохозяйственных угодий, и направлено на сохранение и восстановление почвенных ресурсов. Применение такой методики позволит учитывать влияние каждого из угодий на весь агроландшафт и своевременно намечать такой комплекс мероприятий, обеспечивающий эффективное использование каждой территории.

Ключевые слова: агроландшафт, использование земель, земельные ресурсы, оптимизация, устойчивость.

OPTIMIZATION OF CULTIVATED LANDS OF ALEKSEEVSKY DISTRICT OF VOLGOGRAD REGION

Research article

Denisova E.V. *

ORCID: 0000-0003-1885-2095,

FSC of Agroecology of RAS, Volgograd, Russia

* Corresponding author (denisov.00[at]mail.ru)

Abstract

The changes in the country's agricultural and industrial complex should have a positive effect on the level of agricultural development. However, this should not manifest itself in a sharp decrease in the productivity of the used lands, as well as their complete degradation. Optimization of the cultivated lands of the studied area implies the improvement of the system of agrotechnical farming, which ensures the accounting and comparison of the quantitative and qualitative state of all agricultural land and is aimed at the conservation and restoration of soil resources. The use of this technique will allow to take into account the influence of each land on the entire agricultural landscape and to schedule such a complex of measures in a timely manner, ensuring the effective use of each territory.

Keywords: agricultural landscape, land use, land resources, optimization, sustainability.

Ландшафты Волгоградской области являются сложной природной системой, которая находится в противоречивых природных и социально-экономических условиях. При постоянном внешнем воздействии на ландшафтную структуру, они все же сохраняют свои функции и особенности природной среды. Процессы естественного восстановления ландшафта являются продолжительными по времени и не всегда успешными.

На территории Волгоградской области развиваются такие опасные процессы как эрозия, дефляция, опустынивание, засоление и другие, ведущие к потере почвенного плодородия сельскохозяйственных угодий и полному их выбытию.

Основой агропромышленного комплекса Алексеевского района остается зерновое производство. Его эффективность определяет экономическое состояние большинства сельхозтоваропроизводителей. Поэтому главным делом тружеников Алексеевского АПК было и остается наращивание производства зерна и, прежде всего продовольственного, как основы хлебного баланса района, области и страны в целом.

Климат района умеренно-засушливый и засушливый, что определяет большой удельный вес озимых хлебов в растениеводстве и создает определенные трудности в борьбе за получение высоких устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур.

Общая площадь земель в границах Алексеевского района составляет 229716,0 га. Распределение земель по категориям земельного фонда сложилось следующее:

- земли сельскохозяйственного назначения занимают площадь 229716,0 га или 85,0% от всей площади района;
- земли населенных пунктов – 6517,0 га (2,8%);
- земли промышленности транспорта и иного специального назначения – 1017,0 га (0,4%);
- земли особо охраняемых природных территорий и объектов – 3,0 га (0,1%);
- земли лесного фонда – 17458,0 га или 7,6%;
- земли водного фонда – 1125,0 га (0,5%);
- земли запаса – 8326,0 га или 3,6%.

Анализ категорий земельного фонда исследуемого района позволяет сделать вывод о нестабильности и неустойчивости данной территории. Земли лесного фонда занимают менее 10 % территории, что не способствует защите территории от распространения эрозии.

Сельское хозяйство является основной отраслью экономики района. Из 8,4 тыс. человек, занятых в экономике района, 1298 человек заняты в агропромышленном комплексе. В АПК функционирует 58 крестьянских хозяйств, 44 сельскохозяйственных предприятий и 6769 личных подворий. В районе сельскохозяйственные угодья используются на 100%, что накладывает существенную нагрузку на ландшафты района.

Согласно экспликации сельскохозяйственных земель района распаханность территории составляет 61,7 %, суммарная площадь кормовых угодий – 19,5% (табл. 1)

Таблица 1 – Сведения из экспликации сельскохозяйственных земель Алексеевского района

№ п/п	Наименование поселения	Общая площадь га	В том числе:			
			Пашня	Пастбища	Сенокосы	Прочие
1	Алексеевское	7978	3581	526	471	3400
2	Аржановское	16844	7837	4014	613	4380
3	Большебабинское	11933	6068	1635	267	3963
4	Краснооктябрьское	28223	24899	2851	0	473
5	Ларинское	9981	6308	729	165	2779
6	Поклоновское	14006	8343	2778	1008	1877
7	Реченское	13400	8886	2921	522	1071
8	Рябовское	31895	22253	7428	10	2204
9	Самолшинское	9640	4706	1575	455	2904
10	Солонцовское	15027	7524	1876	261	5366
11	Стёженское	18464	6546	1413	1095	9410
12	Трёхложинское	13562	8809	3673	189	891
13	Усть-Бузулукское	17605	10305	4089	692	2519
14	Шарашенское	15148	11065	3215	0	868
15	Яминское	6010	4517	302	0	1191
	ИТОГО	229716	141647	39025	5748	43296

Ландшафты, по своей структуре, связаны слагающими его компонентами, которые определяют его устойчивость и стабильное функционирование. Ландшафт считается устойчивым, когда все его компоненты находятся в тесном взаимодействии и равновесии.

Сенокосы и пастбища выполняют средостабилизирующую функцию, поэтому качественные свойства агроландшафтов не ухудшаются, а становятся более устойчивыми.

Балл бонитета сельскохозяйственных угодий характеризует почвенное плодородие, которое существенным образом зависит от наличия эрозионных процессов и степени их развития. Данный показатель варьируется на территории Алексеевского района от 39 до 91.

13, 3% территории изучаемого района имеют средний балл бонитета 40, в шести муниципальных поселениях (или 40,0% от общей площади района) – 70, в семи поселениях средний балл бонитета – 84. Кадастровая стоимость сельскохозяйственных угодий также различается существенным образом от 396 руб./га до 20862 руб./га (табл. 2).

Таблица 2 – Земельно-оценочное зонирование сельскохозяйственных земель Алексеевского района

№ микрзоны	Наименование поселения	Общая площадь тыс. га	Балл бонитета с/х угодий	Кадастровая стоимость руб/га
1	2	3	4	5
I	Ларинское	86,30	41	396
	Яминское	92,50	39	396
II	Большебабинское	99,57	61	6692
	Самолшинское	78,932	67	7772
	Алексеевское	214,05	69	9717
	Аржановское	165,72	77	10375
	Солонцовское	102,60	77	16029
	Стёженское	120,03	67	8895
III	Поклоновское	137,00	81	17577
	Реченское	131,82	88	18132
	Рябовское	318,25	84	12556
	Трёхложинское	137,34	80	12376
	Усть-Бузулукское	175,69	81	16387
	Шарашенское	153,78	82	13875
	Краснооктябрьское	283,58	91	20862

Общая площадь сельскохозяйственных угодий, подверженных различным негативным эрозионным процессам составляет 186 тыс. га, из них 139,8 тыс. га (или 75,2%) используются под пашню, пригодны преимущественно под сенокосы 6,38 тыс. га, пастбищные угодья составляют 39,55 тыс. га (или 21,3%).

Потенциально опасными с точки зрения развития эрозионных процессов считаются:

- открытые, не защищенные лесными насаждениями участки пашни или пастбищ без растительного покрова;
- интенсивно используемые для сельскохозяйственного производства участки, с повышенной антропогенной нагрузкой;
- ландшафты с неблагоприятными условиями: засушливостью климата, обедненным составом почв, наличием грунтовых вод и др.;
- ландшафты, подверженные критическому антропогенному воздействию (наводнение, ураганы, ливневые дожди).

Таблица 3 – Качественная характеристика земель Алексеевского района

Наименование показателей	Сельскохозяйственные угодья		Удельный вес от общей площади с/х угодий, %					
			пашня		сенокосы		пастбища	
	га	%	га	%	га	%	га	%
Общая площадь	186002	100	139824	75,2	6387	3,4	39551	21,3
Эрозионноопасные (всего)	80919	43,5	54128	29,1	49	0,03	26660	14,3
-из них: эродированные	57578	31,0	36815	19,8	45	0,02	20701	11,2
Дефляционноопасные	149659	80,5	128772	69,2	124	0,07	5711	3,1
-из них дефлировано	5533	2,9	4544	2,4	30	0,02	959	0,5
сильно:	63	0,03	34	0,02	0	0	29	0,02
средне:	1037	0,55	514	0,27	25	0,01	498	0,27
Подверженные совместно водной и ветровой эрозии:	311	0,16	297	0,16	0	0	14	0,01
Переувлажненные	6567	3,5	130	0,07	4932	2,65	1505	0,81
Засоленные (всего)	6135	3,3	1843	1,0	1224	0,66	3063	1,6
-из них: средне	104	0,06	51	0,03	0	0	48	0,03
сильно	862	0,46	146	0,08	237	0,13	479	0,26
Солонцеватые и солонцовые комплексы (всего)	14818	7,9	7480	4,0	542	0,3	6792	3,6
-из них: в комплексе 20-50%	4428	2,4	2101	1,13	195	0,1	2132	1,15
более 50%	4441	2,4	1671	0,9	341	0,18	2429	1,3
Каменистые	8216	4,4	5104	2,75	14	0,01	3098	1,7

Защита почв от эрозии – составная часть проблемы охраны окружающей среды. В Земельном законодательстве России землепользователям вменяется в обязанность осуществлять комплекс организационно-хозяйственных, агротехнических, лесомелиоративных, гидротехнических мероприятий по предотвращению ветровой и водной эрозии почв.

Основной эрозионной проблемой Алексеевского района является эрозия и дефляция. Эрозионные сельскохозяйственные угодья занимают 43,5%, дефляционноопасные – 80,5%.

Причины возникновения ветровой и водной эрозии различны, но основными факторами ее возникновения является хозяйственная деятельность отсутствие комплекса организационно-хозяйственных, агромелиоративных, лесомелиоративных и гидромелиоративных мероприятий.

Система мер по противоэрозионной защите в районах распространения ветровой эрозии направлена на уменьшение скорости ветров и повышению сопротивляемости почвы выдуванию.

Первостепенным оружием по борьбе с ветровой эрозией и оптимизацией структуру агроландшафта является строительство защитных лесонасаждений.

Так экологическая устойчивость и целостность ландшафтов являются основой управления агроландшафтов и способствует оптимизации и рациональному использованию земель.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Российская Федерация. Законы. Земельный Кодекс Российской Федерации: федер. закон: [принят Гос. Думой 28 сентября 2001 г.: одобр. Советом Федерации 10 октября 2001 г.]. [Электронный источник]. – URL: <http://www.consultant.ru/popular/earth/> (дата обращения 21.05.2017)
2. Российская Федерация. Законы. О землеустройстве: федер. закон: [принят Гос. Думой 24 мая 2001 г.: одобр. Советом Федерации 06 июня 2001 г.]. [Электронный источник] – URL: <http://www.consultant.ru/popular/earth/> (дата обращения 21.05.2017)
3. Богданов В.Л. Управление земельными ресурсами / В.Л. Богданов, В.В. Гарманов, В.В. Зсядь-Волк и др. – Изд-во С-Петерб. ун-та, 2010. – 173 с.
4. Казанков В.А. Проблемы рационального использования земельных ресурсов Волгоградской области / В.А. Казанков, С.Н. Кириллов // Юг России: экология, развитие. – 2010. - № 4. – С 96-98.

5. Инвестиционный паспорт Палласовского района Волгоградской области / Сайт администрации Волгоградской области. [Электронный источник]. – URL: <http://www.volgograd.ru/> (дата обращения 21.05.2017)
6. Сводные материалы по мониторингу земель Палласовского района Волгоградской области / Управление федерального агентства кадастра объектов недвижимости по Волгоградской области. – Волгоград, 2004. С. 1-56.
7. Сулин М.А. Землеустройство / М.А. Сулин. – М.: Колос, 2009. – 402 с.
8. Официальный сайт Палласовского муниципального района Волгоградской области / Сайт администрации Палласовского района [Электронный источник]. – URL: <http://admpallas.ru>
9. Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии. – Электрон. дан. – URL: <https://rosreestr.ru/site/>

Список литературы на английском языке / References in English

1. Rossijskaja Federacija. Zakony. Zemel'nyj Kodeks Rossijskoj Federacii [Of The Russian Federation. Laws. Land code of the Russian Federation: Feder. the law: [adopted by the State. The Duma on September 28, 2001: approve. The Federation Council on 10 October 2001]. [Electronic resource]– URL: <http://www.consultant.ru/popular/earth> (accessed: 21.05.2017) [in Russian]
2. Rossijskaja Federacija. Zakony. O zemleustrojstve [Of The Russian Federation. Laws. On land management]: federal law: [accepted by State Duma on 24 may 2001: approved by the Federation Council on June 06, 2001.]. [Electronic resource]. – URL: <http://www.consultant.ru/popular/earth> (accessed: 21.05.2017) [in Russian]
3. Bogdanov, V.L. Upravlenie zemel'nymi resursami [Upravleniye zemel'nymi resursami] / V. L. Bogdanov, V. V. Germanov, V. V. Ssage-Wolf and others – Publishing house S-Peterb. un-ta, 2010. – 173 p. [in Russian]
4. Kazankov V.A. Problemy racional'nogo ispol'zovanija zemel'nyh resursov Volgogradskoj oblasti [Problems of rational use of land resources of Volgograd region] / V.A. Kazankov, S.N. Kirillov // Jug Rossii: jekologija, razvitie [South of Russia: ecology, development]. – 2010. - № 4. – P 96-98. [in Russian]
5. Investicionnyj pasport Pallasovskogo rajona Volgogradskoj oblasti / Sajt administracii Volgogradskoj oblasti [Investment passport of Pallasovsky district of the Volgograd region / Site of administration of the Volgograd region]. [Electronic resource]. – URL: <http://www.consultant.ru/popular/earth> (accessed: 21.05.2017) [in Russian]
6. Svodnye materialy po monitoringu zemel' Pallasovskogo rajona Volgogradskoj oblasti / Upravlenie federal'nogo agentstva kadastra obektov nedvizhimosti po Volgogradskoj oblasti [Summaries on monitoring land Pallasovsky district of the Volgograd region Department of the Federal Agency of cadastre of objects of real estate in the Volgograd region]. – Volgograd, 2004. P. 1-56. [in Russian]
7. Sulin M.A. Zemleustrojstvo [Land management] / M.A. Sulin. – М.: Kolos, 2009. – 402 p. [in Russian]
8. Oficial'nyj sajt Pallasovskogo municipal'nogo rajona Volgogradskoj oblasti / Sajt administracii Pallasovskogo rajona [The official website of Pallasovsky municipal district of the Volgograd region / Site of administration of Pallasovsky district]. – [Electronic resource] – URL: <http://admpallas.ru> (accessed: 21.05.2017) [in Russian]
9. Federal'naja sluzhba gosudarstvennoj registracii, kadastra i kartografi [The Federal service for state registration, cadastre and cartography]. [Electronic resource] – Rezhim dostupa: <https://rosreestr.ru/site/> (accessed: 21.05.2017) [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.83.5.025>**ОСОБЕННОСТИ РАЗМНОЖЕНИЯ И ВЫРАЩИВАНИЯ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ЛИСТОСТЕБЕЛЬНЫХ МХОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ДЕКОРАТИВНОМ САДОВОДСТВЕ**

Научная статья

Козлова Е.А.¹, Морозова В.С.^{2,*}, Симахин М.В.³, Ракипов Н.Г.⁴^{1, 2, 3, 4} Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва, Россия

* Корреспондирующий автор (morozova.viktoriya[at]inbox.ru)

Аннотация

В настоящей работе рассматриваются особенности размножения и выращивания некоторых видов листостебельных мхов, используемых в декоративном садоводстве или являющихся перспективными. Установлены изменения величины мохового покрова некоторых видов при разных способах размножения в течение летнего периода. Установлены изменения величины мохового покрова некоторых видов при различных способах размножения в разные времена года. Изучено влияние вида мха, способа размножения и даты на изменение величины мохового покрова в условиях открытого грунта, которое показало, что способ размножения влияет в большей степени, чем видовая принадлежность.

Ключевые слова: декоративные мхи, плагиомниум остроконечный, брахитециум кочерга, оксиринхиум зияющий, *Plagiomnium cuspidatum*, *Brachythecium rutabulum*, *Oxyrrhynchium hians*.

FEATURES OF REPRODUCTION AND CULTIVATION OF CERTAIN TYPES OF MOSES USED IN DECORATIVE GARDENING

Research article

Kozlova E.A.¹, Morozova V.S.^{2,*}, Simakhin M.V.³, Rakipov N.G.⁴^{1, 2, 3, 4} Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

* Corresponding author (morozova.viktoriya[at]inbox.ru)

Abstract

This paper discusses the reproduction and cultivation features of some species of mosses used in ornamental gardening or some promising species. The authors have established changes in the size of the moss cover of some species for various breeding methods during the summer period. The changes in the size of the moss cover of some species with different methods of reproduction at different times of the year have also been established. The effect of the moss species, the mode of reproduction and the date on the change in the size of the moss cover under the conditions of open ground have been studied, they show that the reproduction mode influences to a greater degree than the species.

Keywords: ornamental mosses, spiky plagiomnium, brachytherium poker, yawning oxyrinum, *Plagiomnium cuspidatum*, *Brachythecium rutabulum*, *Oxyrrhynchium hians*.

Введение

В современном декоративном садоводстве используется множество видов и сортов растений, и каждый год селекционеры выводят новые сорта. Появляются новые интересные решения для озеленения территорий и помещений. Однако зачастую обходится без внимания целый отдел высших растений – моховидных (Bryophyta).

Среди мхов имеется достаточно большое количество видов, которые используются в качестве декоративных в других странах. Наиболее известна в этом отношении Япония.

Последние десятилетия мох набирает популярность в Европе и США. Дизайнеры создают зеленые картины прямо на стенах улиц, в помещениях используют стабилизированный мох и ягель.

Мхи используют в качестве почвопокровных растений в цветниках и вазонах. Разнообразие мхов по окраске, текстуре, плотности дерновин и, что самое главное, большой диапазон устойчивости к неблагоприятным факторам среды у многих видов открывают возможности для широкого их применения [4].

В настоящее время в России возрастает интерес к выращиванию мхов. Однако рекомендаций по данному вопросу в настоящий момент сравнительно немного. Основная проблема связана со специфическими биологическими и экологическими особенностями, присущими мхам [7], [8], [9].

С точки зрения технологии выращивания мхи имеют ряд преимуществ. У них практически нет болезней, ограниченный ряд вредителей, отсутствует потребность в кошени.

Методы и принципы исследования

В заложенном опыте изучали действие и устанавливали взаимодействие двух факторов: видов мхов, их способов размножения, а также дат проведения наблюдения.

Первый фактор представлен следующими видами мха:

- Плагиомниум остроконечный (*Plagiomnium cuspidatum* (Hedw.) T.J. Kop.);
- Брахитециум кочерга (*Brachythecium rutabulum* (Hedw.) Bruchet.);
- Оксиринхиум зияющий (*Oxyrrhynchium hians* (Hedw.) Loeske).

Второй фактор представлен следующими способами размножения:

- Размножение дерновинками;
- Размножение фрагментами растений.

При размножении дерновинками на каждую деланку высаживалось по 4 дерновины диаметром 4 см на расстоянии 4 см друг от друга.

Для измельчения мхов при размножении фрагментами растений их нарежали с помощью острого ножа, а затем равномерно распределяли по опытным делянкам. Для каждой делянки использовали дерновины площадью около 65 см². Метод основан на естественном способе размножения мхов фрагментами и специализированными вегетативными органами.

Эксперимент проводился по полной факториальной схеме в трёхкратной повторности. Опыт был заложен по методу рандомизированных повторений [3]. Каждое повторение занимает один ярус.

Для выявления изменения величины мохового покрова в качестве изучаемого признака выбрано проективное покрытие.

Проективное покрытие – это отношение площади проекции растений к общей площади участка. Определение проективного покрытия растений осуществлялось методом уколов. Точность учета проективного покрытия в пределах погрешности от 5 до 10 % [1], [2].

Определение проективного покрытия осуществлялось фотографированием, дальнейшей обработкой в программе AdobePhotoshopCS6 путем наложения сетки со 196 точками на пересечениях линий и дальнейшим подсчетом точек, попадающих на поверхность растений.

Проективное покрытие мохового покрова определяется по формуле:

$$ПП = n / N * 100\% \quad (1)$$

где $ПП$ – проективное покрытие, %;

n – число точек с «растительными пикселями»;

N – общее число точек на матрице изображения, $N = 196$.

Для установления изменения величины мохового покрова в течение летнего периода наблюдения проводили с 22.06.16 г. по 31.08.16 г. один раз в неделю.

Для установления изменения величины мохового покрова в разные времена года наблюдения проводили 06.07.16 г., 31.08.16 г., 26.10.16 г., 21.03.17 г., 16.05.17 г. Интервалы между летними, осенними и весенними учетами составили по 56 дней, зимний интервал – 146 дней.

Для изучения влияния вида мха и способа размножения на изменение величины мохового покрова наблюдения проводили 06.07.16 г., 31.08.16 г., 26.10.16 г., 21.03.17 г., 16.05.17 г.

Анализ данных проводился методом трехфакторного дисперсионного анализа [5,6,10]. Первый фактор – вид растения (3 вида), второй – способ размножения (2 способа), третий фактор – дата наблюдения (5 дат).

Результаты и обсуждение

1. Изменение величины мохового покрова некоторых видов при разных способах размножения в течение летнего периода

Для выявления изменения величины мохового покрова в качестве изучаемого признака выбран показатель проективного покрытия. Он показывает, какую площадь занимает проекция растений к общей площади участка.

Установление изменения величины мохового покрова в течение летнего периода позволило выявить мхи, наиболее быстро разрастающиеся летом, и наиболее эффективный способ размножения для каждого вида мха.

Данные, полученные в ходе наблюдений, проводившихся с 22.06.16 г. по 31.08.16 г. один раз в неделю, были приведены к средним значениям (см. таблицу 1).

Таблица 1 – Проективное покрытие за летний период, %, средние значения, открытый грунт, 2016 г

Дата наблюдения	22.06.16	29.06.16	06.07.16	13.07.16	20.07.16	27.07.16	03.08.16	10.08.16	17.08.16	24.08.16	31.08.16
<i>Plagiomnium cuspidatum</i> + размножение дерновинками	37	37	41	47	53	61	65	64	71	75	77
<i>Plagiomnium cuspidatum</i> + размножение фрагментами растений	16	15	17	21	26	32	38	38	37	41	43
<i>Brachythecium rutabulum</i> + размножение дерновинками	31	31	31	33	36	39	39	41	35	38	38
<i>Brachythecium rutabulum</i> + размножение фрагментами растений	10	12	17	20	19	23	22	20	14	15	19
<i>Oxyrrhynchium hians</i> + размножение дерновинками	33	36	39	40	43	53	54	51	48	52	57
<i>Oxyrrhynchium hians</i> + размножение фрагментами растений	20	18	23	25	24	29	29	32	24	23	28

С разрастанием мхов увеличивается проективное покрытие мохового покрова, что в свою очередь приводит к возрастанию его декоративной ценности. При уменьшении проективного покрытия покров редет, появляются «голые» участки почвы, что снижает декоративность.

У разных видов мхов изменение величины мохового покрова происходит с различной интенсивностью и может характеризоваться не только его увеличением, но и уменьшением (см. рисунок 1).

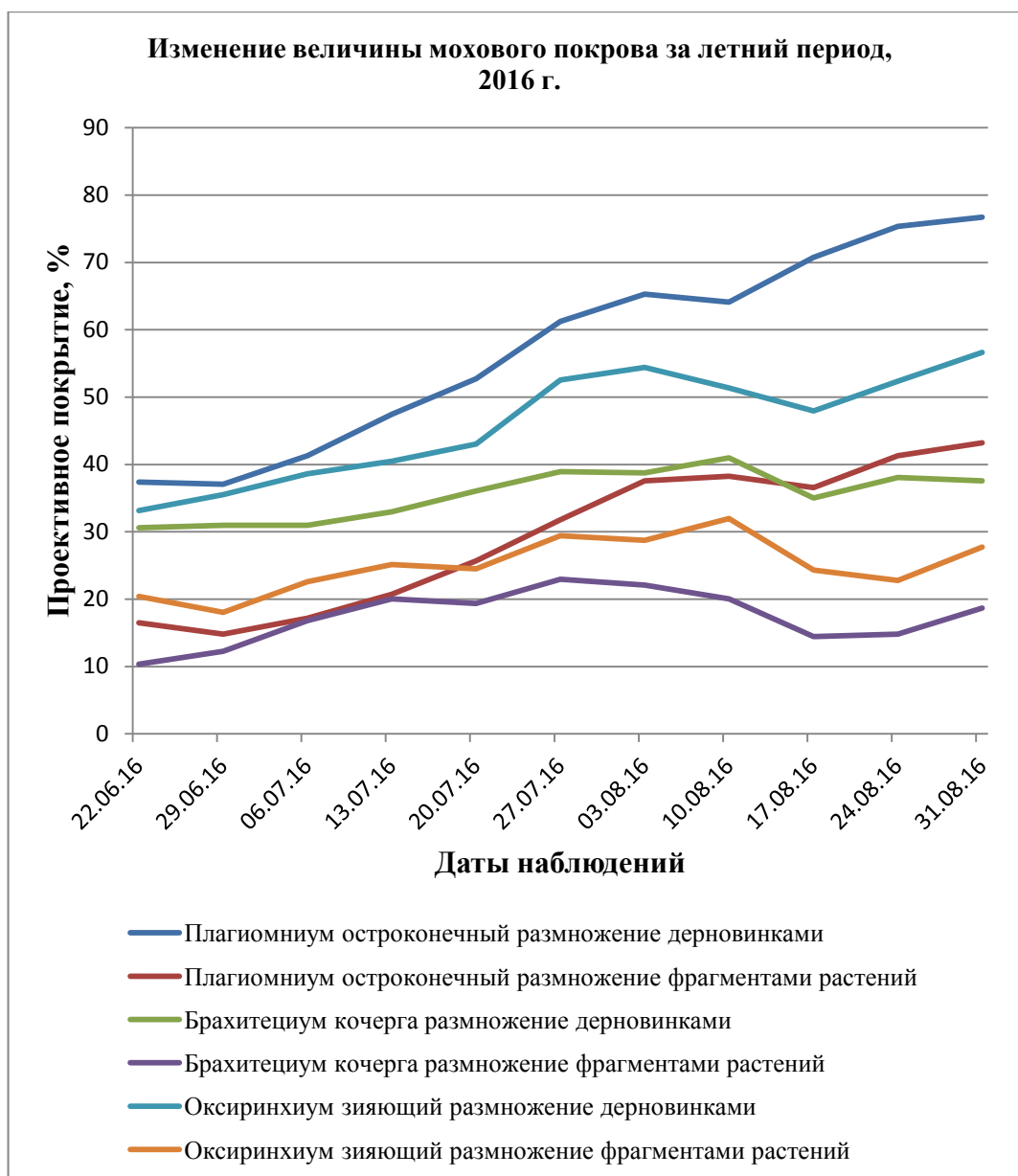


Рис. 1 – Изменение проективного покрытия мохового покрова разных видов мхов при разных способах размножения в течение летнего периода

Примечание: %, средние значения, открытый грунт, 2016 г

У плагиомниума остроконечного наблюдается плавное и значительное увеличение проективного покрытия в течение всего лета при обоих способах размножения (дерновинками и фрагментами) и составляет 40 и 27 % соответственно. Первая неделя после посадки характеризуется отсутствием роста дерновинок, что можно объяснить возможным стрессом из-за пересадки, а также отсутствием осадков в сочетании с высокими температурами. Наиболее интенсивный рост приходит на третью декаду июля, что совпадает с периодом частых дождей. Быстрее разрастается плагиомниум остроконечный, посаженный дерновинками.

Брахитециум кочерга характеризуется медленным ростом мохового покрова в течение летнего периода при обоих способах размножения. Увеличение проективного покрытия практически одинаковое при размножении дерновинками и фрагментами и составляет 7 и 9 % соответственно. Значительное уменьшение проективного покрытия приходится на середину августа, что можно объяснить высокими температурами в начале августа.

Оксирихиум зияющий разрастается несколько медленнее плагиомниума остроконечного. Увеличение проективного покрытия за летний период составляет 24 % при размножении дерновинками и 8 % – фрагментами. Более интенсивный рост наблюдается в третьей декаде июля, как и у плагиомниума остроконечного, уменьшение величины мохового покрова – в начале и середине августа, как и у брахитециума кочерга. Быстрее разрастается оксирихиум зияющий, посаженный дерновинками.

Наибольшее увеличение мохового покрова наблюдается у плагиомниума остроконечного при размножении дерновинками. Средние результаты показывает плагиомниум остроконечный при размножении фрагментами и оксиринхиум зияющий при размножении дерновинками. Незначительное увеличение проективного покрытия произошло у брахитециума кочерги при обоих способах размножения и оксиринхиума зияющего при размножении дерновинками.

Для размножения в летний период лучше всего подходит плагиомниум остроконечный и оксиринхиум зияющий при размножении дерновинками. Можно рекомендовать посадку этих видов целыми дерновинами для создания «мгновенного» декоративного эффекта в летний период.

2. Изменение величины мохового покрова некоторых видов при разных способах размножения в разные времена года

Установление изменения величины мохового покрова в разные времена года позволит выявить периоды, в которые каждый конкретный вид при определенном способе размножения быстрее разрастается.

Установление изменения величины мохового покрова за весь период наблюдений позволило выявить наиболее быстро разрастающиеся мхи и наиболее эффективные способы размножения для каждого вида мха.

От скорости разрастания мохового покрова зависит время, за которое моховой покров достигнет максимальной декоративности. Чем меньше времени займет выращивание мха, тем более выгодно будет выращивать его в производственных целях, тем меньше иных ресурсов будет затрачено на создание мохового покрова.

Данные, полученные в ходе наблюдений, проводившихся 06.07.16 г., 31.08.16 г., 26.10.16 г., 21.03.17 г., 16.05.17 г., были приведены к средним значениям (см. таблицу 2).

Таблица 2 – Проективное покрытие в разные времена года, %, средние значения, открытый грунт, 2016-2017 гг

Дата наблюдения	06.07.16	31.08.16	26.10.16	21.03.17	16.05.17
<i>Plagiomnium cuspidatum</i> + размножение дерновинками	41	77	84	83	80
<i>Plagiomnium cuspidatum</i> + размножение фрагментами растений	17	43	51	43	44
<i>Brachythecium rutabulum</i> + размножение дерновинками	31	38	51	48	58
<i>Brachythecium rutabulum</i> + размножение фрагментами растений	17	19	30	26	46
<i>Oxyrrhynchium hians</i> + размножение дерновинками	39	57	65	66	73
<i>Oxyrrhynchium hians</i> + размножение фрагментами растений	23	28	51	45	70

В таблице 3 рассчитано изменение проективного покрытия за каждое время года (см. таблицу 3). Интервалы между летними, осенними и весенними учетами составили по 56 дней, зимний интервал – 146 дней.

Таблица 3 – Изменение проективного покрытия в разные времена года, %, средние значения, открытый грунт, 2016-2017 гг

Периоды	Летний	Осенний	Зимний	Весенний	Период наблюдений
<i>Plagiomnium cuspidatum</i> + размножение дерновинками	35	8	-2	-3	38
<i>Plagiomnium cuspidatum</i> + размножение фрагментами растений	26	8	-8	1	27
<i>Brachythecium rutabulum</i> + размножение дерновинками	7	13	-3	9	27
<i>Brachythecium rutabulum</i> + размножение фрагментами растений	2	11	-4	21	30
<i>Oxyrrhynchium hians</i> + размножение дерновинками	18	8	1	7	34
<i>Oxyrrhynchium hians</i> + размножение фрагментами растений	5	23	-6	25	48

Интенсивное разрастание мохового покрова плагиомниума остроконечного приходится на летний период, особенно при размножении дерновинками. Осенний период характеризуется небольшой прибавкой проективного покрытия. В зимний период сильнее пострадал плагиомниум, размноженный фрагментами. В весенний период отсутствуют значимые изменения. За весь период наблюдений этот вид больше разрастается при посадке дерновинками.

Увеличение мохового покрова брахитециума кочерги при размножении дерновинками практически одинаково в летний, осенний и весенний периоды, при размножении фрагментами интенсивный рост наблюдается весной и небольшой осенью. Способы размножения не показали значительной разницы в сумме за весь период наблюдений.

Оксиринхиум зияющий при размножении дерновинками быстрее разрастается летом и незначительно осенью и весной, при размножении фрагментами быстрое разрастание наблюдается осенью и весной. Больше увеличение проективного покрытия за весь период наблюдений происходит при размножении фрагментами.

Различия в изменении величины мохового покрова при разных способах размножения у брахитециума кочерги и оксиринхиума зияющего может быть объяснено несколькими причинами. Во-первых, отмиранием весной большей части старых побегов, которые были посажены в дерновинках и росли в летний и осенний периоды. Во-вторых, более интенсивным ростом молодых побегов, образовавшихся из вегетативных фрагментов осенью и весной. В то же время побеги плагиомниума остроконечного, разросшиеся в летний и осенний периоды, отмирали весной. За счет этого увеличение проективного покрытия оказалось незначительным, несмотря на интенсивный рост.

Наибольшим увеличением мохового покрова за весь период наблюдений характеризуется оксиринхиум зияющий при размножении фрагментами растений (см. рисунок 2).

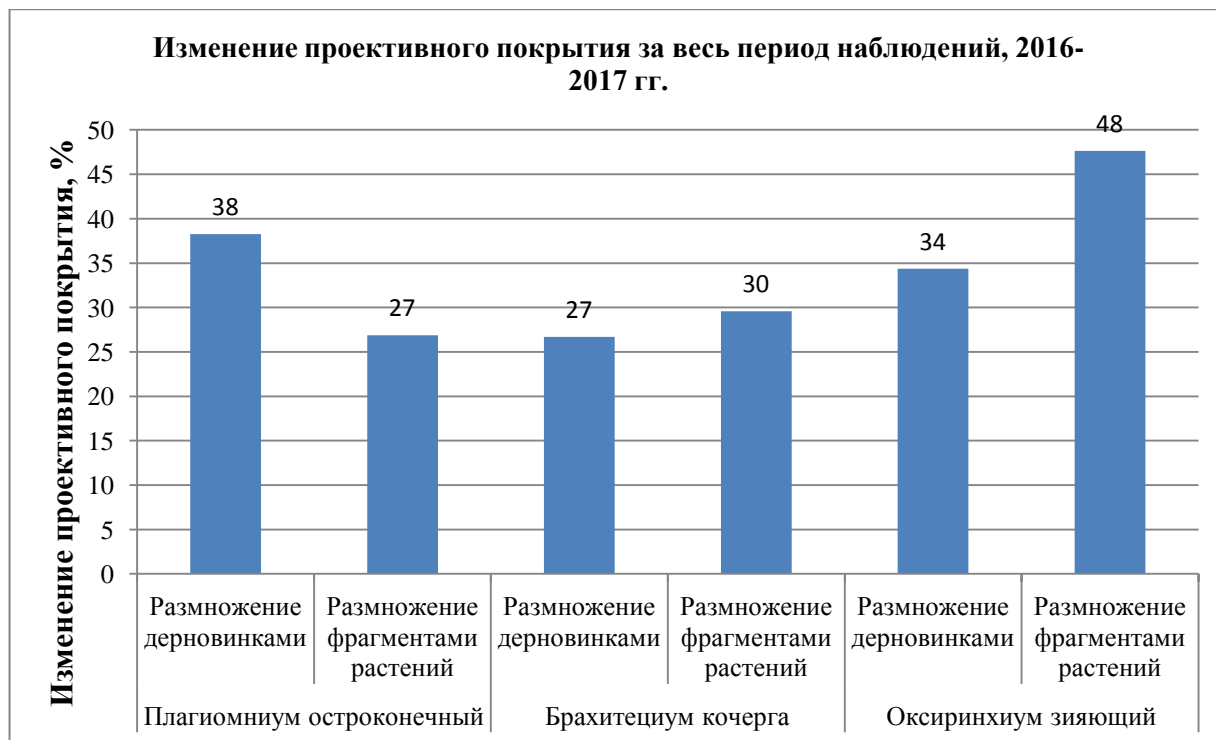


Рис. 2 – Изменение проективного покрытия мохового покрова разных видов мхов при разных способах размножения в течение всего периода наблюдений

Примечание: %, средние значения, открытый грунт, 2016-2017 гг

Различия между видами мхов, вероятно, объясняются их биологическими и фенологическими особенностями.

При выращивании мохового покрова из плагиомниума остроконечного эффективнее проводить размножение дерновинками и ориентироваться на летний период разрастания мха. Моховой покров из брахитециума кочерги можно размножать более удобным в конкретных условиях способом и учитывать, что более продуктивные периоды роста приходятся на осень и весну. Оксиринхиум зияющий предпочтительно размножать фрагментами растений, учитывая, что наиболее интенсивный рост происходит в осенний и весенний периоды.

3. Влияние вида мха, способа размножения и времени наблюдения на изменение величины мохового покрова

Изучение влияния вида мха и способа размножения на изменение величины мохового покрова позволит определить значимость факторов при выращивании мхов.

По наблюдениям 06.07.16 г., 31.08.16 г., 26.10.16 г., 21.03.17 г., 16.05.17 г. проводили трехфакторный дисперсионный анализ. Первый фактор – вид растения (3 вида), второй фактор – способ размножения (2 способа), третий фактор – время наблюдения (5 дат).

По результатам дисперсионного анализа было установлено влияние вида, способа размножения и даты наблюдения на проективное покрытие (см. рисунок 3). Взаимодействия между факторами не выявлены.

Вид мха оказывает наименьшее влияние (13 %) по сравнению с другими факторами. Наиболее значимым оказался способ размножения, его влияние составило 33 %. Это означает, что при выращивании мохового покрова необходимо, в первую очередь, уделять внимание выбору способа размножения мхов.

Влияние фактора даты свидетельствует о влиянии на проективное покрытие условий окружающей среды и составляет 21 %, следовательно, важно проводить операции по уходу за моховым покровом.

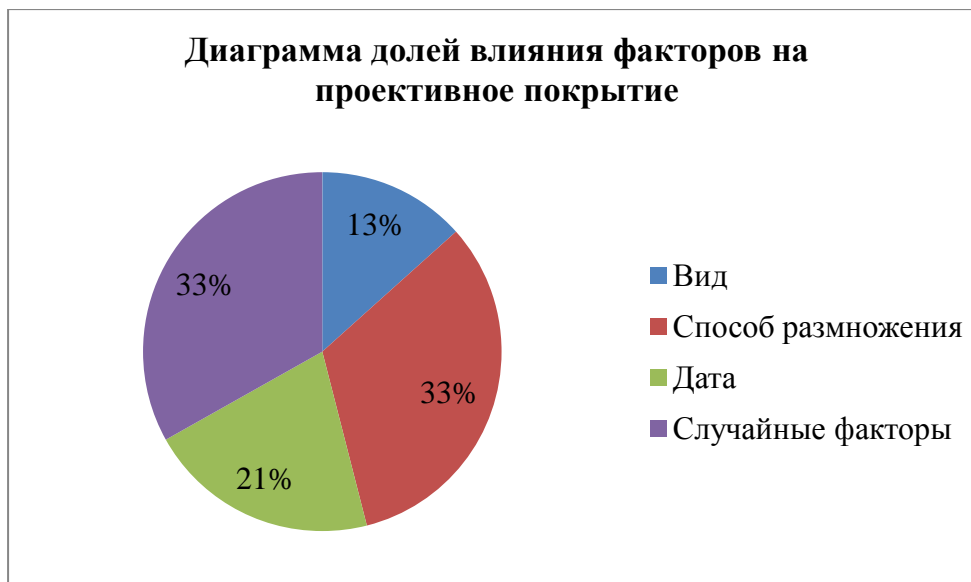


Рис. 3 – Диаграмма долей влияния факторов на проективное покрытие

Проведенное исследование показывает, что при выращивании мохового покрова важно учитывать различные факторы, такие как вид мха, способ его размножения и условия окружающей среды. Также важно создавать наиболее контролируемые условия для максимального исключения влияния посторонних факторов и проводить тщательный уход за посадками.

Заключение

1. У плагиомниума остроконечного наблюдается плавное и значительное увеличение проективного покрытия в течение всего лета при обоих способах размножения (дерновинками и фрагментами) и составляет 40 и 27 % соответственно. Брахитециум кочерга характеризуется медленным ростом мохового покрова в течение летнего периода при обоих способах размножения. Увеличение проективного покрытия практически одинаковое при размножении дерновинками и фрагментами, и составляет 7 и 9 % соответственно. Оксиринхиум зияющий разрастается несколько медленнее плагиомниума остроконечного. Увеличение проективного покрытия за летний период составляет 24 % при размножении дерновинками и 8 % – фрагментами.

2. Интенсивное разрастание мохового покрова плагиомниума остроконечного приходится на летний период, особенно при размножении дерновинками. Осенний период характеризуется небольшой прибавкой проективного покрытия. За весь период наблюдений этот вид больше разрастается при посадке дерновинками. Увеличение мохового покрова брахитециума кочерга при размножении дерновинками практически одинаково в летний, осенний и весенний периоды, при размножении фрагментами интенсивный рост наблюдается весной и небольшой осенью. Оксиринхиум зияющий при размножении дерновинками быстрее разрастается летом и незначительно осенью и весной, при размножении фрагментами быстрое разрастание наблюдается осенью и весной. Больше увеличение проективного покрытия за весь период наблюдений происходит при размножении фрагментами.

3. Вид мха оказывает наименьшее влияние (13 %) по сравнению с другими факторами. Наиболее значимым оказался способ размножения, его влияние составило 33 %, что означает, что при выращивании мохового покрова необходимо в первую очередь уделять внимание выбору способа размножения мхов. Влияние фактора даты свидетельствует о влиянии на проективное покрытие условий окружающей среды и составляет 21 %, следовательно, важно проводить операции по уходу за моховым покровом.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Бузук Г.Н. Методы учета проективного покрытия растений: сравнительная оценка с использованием фотоплощадок / Г.Н. Бузук, О.В. Созинов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2014. – Т. 16. – № 5 (5). – С. 1646-1649.
2. Бузук Г.Н. Определение проективного покрытия и урожайности при использовании фото точек (photopointmethod) / Г.Н. Бузук // Вестник фармации. – 2013. – №3 (61). – С. 74 – 80.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
4. Жукова Е.С. Анализ мирового опыта использования листостебельных мхов в декоративном садоводстве / Е.С. Жукова // Естественные и Технические науки. – 2012. – № 4-5. – С. 57 – 59.
5. Исачкин А.В. Основы научных исследований в садоводстве: рабочая тетрадь / А.В. Исачкин, В.А. Крючкова. – М.: Изд-во РГАУ – МСХА, 2014. – 96 с.
6. Кирюшин, Б.Д. Основы научных исследований в агрономии / Б.Д. Кирюшин, Р.Р. Усманов, И.П. Васильев. – М.: КолосС, 2009. – 398 с.
7. Спирина У.Н. Тайный сад: сохранение, интродукция и экспонирование мохообразных в Ботаническом саду Тверского Госуниверситета / У.Н.Спирина, Ю.В.Наумцев // Ландшафтная архитектура в ботанических садах и дендропарках: материалы международной конференции. – М., 2010. – С. 111 – 119.

8. Спирина, У.Н. Моховидные и сосудистые споровые в саду: встаньте на колени перед растениями! / У.Н. Спирина // Сады в наших Сердцах: по материалам 3-й Международной конференции «Жизнь в гармонии: ботанические сады и общество – диалог без границ» 13-16 сентября 2013 г. – Тверь: Полипресс, 2013. – С. 173 – 181.

9. Спирина У.Н. Итоги первичной интродукции мохообразных в Ботаническом саду ТвГУ / У.Н. Спирина, Е.А. Ягодкина // Ботанические исследования в Тверском регионе: сб. науч. тр. Вып. 1. – Тверь: Издательство ГЕРС, 2003. – С. 77 – 85.

10. Урбах В.Ю. Биометрические методы / В.Ю. Урбах. – Москва: Наука, 1964. – 417 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Bouzuk G.N. Metody ucheta proektivnogo pokrytiya rastenij: sravnitel'naya ocenka s ispol'zovaniem fotoploshchadok [Methods of accounting for the projective coverage of plants: a comparative assessment using photo sites] / G.N. Buzuk, O.V. Sozinov // Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk [Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences]. - 2014. - V. 16. - № 5 (5). - p. 1646-1649. [in Russian]

2. Bouzuk G.N. Opredelenie proektivnogo pokrytiya i urozhajnosti pri ispol'zovanii foto toчек (photopointmethod) [Determination of the projective cover and yield using photo points (photopointmethod)] / G.N. Buzuk // Vestnik farmacii [Pharmacy Bulletin]. - 2013. - №3 (61). - P. 74 - 80. [in Russian]

3. Armor B.A. Metodika polevogo opyta [Methods of field experience] / B.A. Armor - M.: Agropromizdat, 1985. - 351 p.

4. Zhukova E.S. Analiz mirovogo opyta ispol'zovaniya listostebel'nyh mхов v dekorativnom sadovodstve [Analysis of the world experience of using moss leaves in ornamental gardening] / E.S. Zhukova // Estestvennye i Tekhnicheskie nauki [Natural and Technical Sciences]. - 2012. - № 4-5. - pp. 57 - 59. [in Russian]

5. Isachkin A.V. Osnovy nauchnyh issledovanij v sadovodstve: rabochaya tetrad' [Basics of research in horticulture: workbook] / A.V. Isachkin, V.A. Kryuchkov. - M.: Publishing House of the Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy, 2014. - 96 p. [in Russian]

6. Kiryushin B.D. Osnovy nauchnyh issledovanij v agronomii [Fundamentals of research in agronomy] / B.D. Kiryushin, R.R. Usmanov, I.P. Vasiliev. - M.: KolossS, 2009. - 398 p. [in Russian]

7. Spirin U.N. Tajnyj sad: sohranenie, introdukciya i eksponirovanie mohoobraznyh v Botanicheskom sadu Tverskogo Gosuniversiteta [Secret Garden: conservation, introduction and display of bryophytes in the Botanical Garden of the Tver State University] / U.N. Spirina, Yu.V. Naumtsev // andshaftnaya arhitektura v botanicheskikh sadah i dendroparkah: materialy mezhdunarodnoj konferencii [Landscape architecture in botanical gardens and arboreta: materials of the international conference]. - M., 2010. - P. 111 - 119. [in Russian]

8. Spirin U.N. Mohovidnye i sosudistye sporovye v sadu: vstan'te na koleni pered rasteniyami! [Mossy and vascular spore in the garden: kneel before the plants!] / W.N. Spirin // Sady v nashih Serdcakh: po materialam 3-j Mezhdunarodnoj konferencii «ZHizn' v garmonii: botanicheskie sady i obshchestvo» [Gardens in our Hearts: based on the materials of the 3rd International Conference "Living in Harmony: Botanical Gardens and Society - Dialogue without Borders"] September 13-16, 2013 - Tver: Polypress, 2013. - p. 173 - 181. [in Russian]

9. Spirin U.N. Itogi pervichnoj introdukcii mohoobraznyh v Botanicheskom sadu TvGU [Results of the primary introduction of bryophytes in the Botanical Garden of Tver State University] / U.N. Spirina, E.A. Yagodkina // Botanicheskie issledovaniya v Tverskom regione [Botanical research in the Tver region]: Sat. scientific tr. Issue 1. - Tver: GERS Publishing House, 2003. - p. 77 - 85. [in Russian]

10. Urbach V.Yu. Biometricheskie metody [Biometric methods] / V.Yu. Urbach. - Moscow: Science, 1964. - 417 p. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.83.5.026>**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТРАВОСМЕСЕЙ И МИНЕРАЛЬНО-ВИТАМИННЫХ ПРЕМИКСОВ В СОСТАВЕ ЗИМНИХ РАЦИОНОВ ЛАКТИРУЮЩИХ КОРОВ ГОЛШТИНСКОЙ ПОРОДЫ**

Научная статья

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

* Корреспондирующий автор (cuznetsoff.viktor[at]yandex.ru)

Аннотация

Особое отношение к оптимизации рационов кормления связано с малой эффективностью реализации генетического потенциала голштинской породы в сельскохозяйственных предприятиях Сахалинской области. Изучена эффективность рационов, в состав которых входили травосмеси из многолетних трав, заготовленные по технологии «сенаж в упаковке», сенаж в наземных траншеях, клубнеплоды, концентрированные корма, премикс «ЭкоБиоПродукт» и их влияние на молочную продуктивность и обменные процессы. В результате исследования выявлен наиболее экономичный тип кормления, обеспечивающий высокую продуктивность коров. Использование премикса ЭкоБиоПродукт улучшает качество молока, увеличивает массовую долю жира и белка. Балансирование рационов высокопродуктивных коров за счет премиксов, разработанных применительно к местной кормовой базе, позволило увеличить их молочную продуктивность в стойловый период на 10,7 %.

Ключевые слова: рационы кормления, премикс «ЭкоБиоПродукт», молочная продуктивность, кормовая база, голштинская порода.

EFFECTIVENESS OF GRASS MIXTURES AND MINERAL-VITAMIN PREMIXES IN WINTER DIETS OF LACTATING HOLSTEIN COWS

Research article

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

FSBSI Sakhalin Research Institute of Agriculture, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

* Corresponding author (cuznetsoff.viktor[at]yandex.ru)

Abstract

A special attitude to the optimization of diets is associated with the low efficiency of the implementation of the genetic potential of the Holstein breed in agricultural enterprises of the Sakhalin Region. The authors studied the effectiveness of diets, which included grass mixtures of perennial grasses, harvested according to the "haylage in packaging" technology, haylage in land trenches, tuber crops, concentrated feed, the EcoBioProduct premix and their effect on milk production and metabolic processes. The study revealed the most economical type of diet, providing high productivity of cows. The use of premix EcoBioProduct improves the quality of milk, increases the mass fraction of fat and protein. Balancing diets of highly productive cows due to premixes developed in relation to the local food supply, allowed to increase their milk productivity in the stall period by 10.7%.

Keywords: diets, EcoBioProduct premix, milk productivity, feed base, Holstein breed.

Полноценность кормления молочного скота основана на рационах, сбалансированных по основным питательным веществам. Особое отношение к оптимизации рационов кормления связано с малой эффективностью реализации генетического потенциала голштинской породы в сельскохозяйственных предприятиях Сахалинской области. Особенность обмена веществ у коров этой породы состоит в том, что они чрезвычайно чувствительны к негативным последствиям дисбаланса питательных веществ, в связи с его интенсивным уровнем [1]. Оптимальное кормление обеспечивают не только высокую продуктивность животных, но и хорошее здоровье, а также нормальное течение беременности, родов, полноценную половую охоту и оплодотворяемость [2]. Такой подход предусматривает ряд операций, включающих в себя заготовку кормов, составление сбалансированного по питательным веществам рациона, подготовку кормов к скармливанию, применение кормовых добавок улучшающих качество корма и доведение рациона до каждого животного с учетом его физиологического состояния и ожидаемой молочной продуктивности [3].

Известно, что наибольшая потребность в энергии и питательных веществах, особенно у высокопродуктивных коров, наблюдается в первые 100 дней лактации, когда от них получают 40-45 % годового надоя молока. Напряженность процессов обмена веществ в организме в этот период, по сравнению с сухостойным периодом, повышается до 7 раз, и энергетическое обеспечение процесса биосинтеза молока идет за счет резервов организма, и по различным оценкам в период раздоя коровы теряют от 10 до 30 % жира и 10-15% белка, что составляет 8-10 % живой массы коровы [4], [5], [6]. Учитывая актуальность нормирования питательных веществ в зимних рационах лактирующих коров необходимо разработать оптимальные рационы, типы и способы кормления на основе применения новых кормов и кормовых добавок обеспечивающие заданную продуктивность коров. Из новых белково-минеральных добавок значительный интерес представляет премикс «ЭкоБио Продукт».

Цель исследований - изучить эффективность использования травосмесей и кормовых добавок в составе рационов лактирующих коров в стойловый период содержания.

Материал и методы исследования

Для изучения эффективности рационов, в состав которых входили травосмеси из многолетних трав, заготовленные по технологии «сенаж в упаковке», сенаж в наземных траншеях, клубнеплоды, концентрированные корма, премикс «ЭкоБиоПродукт» провели научно-хозяйственный опыт по следующей схеме, показанной в таблице 1. Для решения поставленной задачи в ГУСП «Комсомолец» сформировали три группы коров: одну контрольную и две опытных. Для каждой из них рассчитали рацион кормления. Все животные находились в одинаковых условиях содержания, ухода и кормления. Уровень кормления животных сравниваемых групп был одинаковым, а различие заключалось лишь в структуре рационов. Контрольная группа получала общехозяйственный рацион.

Наблюдения за состоянием здоровья животных, их поведением, состоянием пищеварительного тракта и продуктивностью были ежедневными.

Таблица 1 – Схема научно-хозяйственного опыта на лактирующих коровах

Период опыта	Группа	Структура рациона, %
Уравни- тельный (30 дней)	контрольная	Основной рацион (ОР): сенаж из траншеи 40-60, сено 10-20, комбикорм 15-35, клубнеплоды 5-10
	1 опытная	ОР
	2 опытная	ОР
Учетный (60 дней лактации)	контрольная	ОР
	1 опытная	сенаж из траншеи 30-50, сено 15-25, клубнеплоды 10-15, комбикорм 20-25 премикс («ЭкоБиоПродукт»)
	2 опытная	сенаж из траншеи 40-60, сено 5-10, клубнеплоды 10-15, комбикорм 25-40
Заключи- тельный (15 дней)	контрольная 1 опытная 2 опытная	Основной рацион (ОР): сенаж из траншеи 40-60, сено 10-20, комбикорм 15-35, клубнеплоды 5-10

При изучении влияния компонентов рациона питания коров, учитывали их продуктивность, качество продукции (молозива, молока), затраты корма на единицу продукции. При кормлении молочного скота приоритет в балансировании рационов отдавали наиболее важным показателям, особенно уровню и качеству протеина [9], [10], [11]. Количество задаваемых и съеденных кормов учитывали еженедельно в течение двух смежных дней. Химический состав и питательность корма определяли два раза в месяц по общепринятым в зоотехнии методикам.

Одним из основных критериев, позволяющих оценить сбалансированность и полноценность кормления коров, является молочная продуктивность, учет которой проводился ежедневно и два раза в месяц индивидуально с отбором проб молока для химического анализа. Качество и количество молока, массовую долю жира и белка в молоке определяли по общепринятым в зоотехнии методикам у всех коров каждой группы [5].

Физиологическое состояние животных оценивали по биохимическим показателям крови, у пяти животных из каждой группы при постановке на опыт и в конце его [11].

Результаты исследования

Основу рационов молочного скота в зимний период составили объемистые корма – сенаж и силос из многолетних и дикорастущих трав, сено и картофель. При этом питательность сена в хозяйстве находилась в пределах 0,43 - 0,52 кормовых единицы в 1 кг. В сухом веществе сена содержалось в среднем 9 % «сырого» протеина, что соответствует III классу качества, а также высокий уровень клетчатки (более 33% в 1 кг сухого вещества) и каротина около 18 мг/кг. Сенаж, заготовленный в хозяйстве, был среднего качества, сахаропротеиновое отношение в нем отвечает требованиям зоотехнических норм кормления. Содержание каротина в сенаже составило от 6 до 28 мг на килограмм (табл.2).

Таблица 2 – Эффективность использования кормов в рационах разных опытных группах

Показатели	Группы		
	контрольная	1 опытная	2 опытная
Концентрация обменной энергии в 1 кг сухого вещества МДж	8,85	8,87	8,85
Сахаро-протеиновое отношение	0,45	0,43	0,46
Затраты обменной энергии на единицу продукции, МДж	11,0	9,28	9,96
Затраты переваримого протеина на единицу продукции, г	109,0	94,0	99,0
Затраты комбикорма на единицу продукции, г	344,0	310,0	316,0
Стоимость рациона, руб.	355,26	377,26	369,26
Затраты кормов на единицу продукции, руб	22,20	17,96	19,43
Стоимость кормовой единицы, руб	26,72	25,91	26,02
Затраты кормовых единиц на единицу продукции	0,83	0,69	0,75
Переваримость сухого вещества рациона, %	47,0	47,0	48,0
Сочность рациона, %	52,0	51,0	51,0
Концентрация кормовых единиц в 1 кг сухого вещества	0,67	0,66	0,66
Соотношения			
Обменной энергии, МДж/ сухое вещество, кг	8,8	8,9	8,9
Переваримый протеин, г/ сухое вещество, кг	87,3	89,7	87,9
Расщепленный протеин, г /сырой протеин, г	0,4	0,4	0,4
Нерасщепленный протеин, г/ сырой протеин, г	0,1	0,1	0,1
Сырая клетчатка, г/ сухое вещество, кг	382,5	383,6	376,1
Сахар, г /переваримый протеин, г сухое вещество	0,5	0,4	0,5
Сахар, г + крахмал/ переваримый протеин, г	2,4	2,3	2,4
Сахар, г / крахмал, г	0,2	0,2	0,2
Кальций г/фосфор,г	1,5	1,5	1,5
Натрий, г /калий, г	0,2	0,2	0,2

В предварительный период исследований молочная продуктивность коров в 3 группе была незначительно выше, чем в других группах. За время уравнительного периода удой коров стал примерно одинаковым, а различия между группами не отличались на достоверную величину. Таким образом, выборку можно признать репрезентативной (табл.3).

Таблица 3 – Продуктивность коров перед началом опыта (предварительный период ($\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$))

Группа	Удой, кг				Химический состав, %	
	утро	обед	вечер	всего	жир	белок
Контрольная	6,85±0,38	3,70±0,21	3,75±0,21	14,3±0,61	3,78±0,04	2,92±0,02
1 опытная «ЭкоБиоПродукт»	6,65±0,21	3,9±0,23	3,55±0,13	14,1±0,47	3,79±0,03	2,92±0,03
2 опытная	6,40±0,26	3,9±0,29	3,70±0,27	14,0±0,66	3,77±0,24	2,91±0,04

В первый период опыта (1-30 дней) удой коров и массовая доля жира в молоке во второй и третьей опытной группах были немного выше. Во второй период опыта с добавлением премикса (31-60 дней) массовая доля жира в молоке во второй опытной группе была выше чем в контрольной и третьей опытной (табл. 4,5).

Таблица 4 – Средние показатели в группах за первый этап опыта ($\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$)

Группа	Период опыта (1-30 дней)						
	Удой, кг	в % к кон-тро-лю	МДЖ	В % к контро-лю	МДБ	В % к кон-тро-лю	моло-ко 4% жирно-сти
Контрольная	14,4±0,68	100	3,83±0,141	100,0	3,01±0,032	100,0	14,8
1 опытная «ЭкоБиоПродукт»	14,9±0,40	103,5**	3,95±0,131	103,1**	3,08±0,025	102,3	14,7
2 опытная	15,0±1,0	104,2*	3,4,±0,085	97,4**	3,02±0,016	100,7	14,0

Примечание: * - достоверно при $p < 0,05$

** - достоверно при $p < 0,01$

Таблица 5 – Средние показатели в опытных группах за второй этап опыта ($\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$)

Группа	Период опыта (30-60 дней.)						
	Удой в кг	в % к контролю	МДЖ	В % к контролю	МДБ	В % к контролю	Молоко 4% жирности
Контрольная	13,4±0,59	100	3,61±0,15	100,0	3,01±0,02	100,0	10,2
1 опытная «ЭкоБиоПродукт»	12,5±0,70	93,3**	3,88±0,10	107,5**	3,03±0,01	100,7	11,8
2 опытная	13,1±0,68	97,8*	3,50±0,09	96,9**	3,02±0,01	100,3	11,4

Примечание: * - достоверно при $p < 0,05$

** - достоверно при $p < 0,01$

Биохимические показатели крови, взятой перед постановкой на первый уравнивающий этап, позволяют сделать вывод, что у всех коров общий белок и глюкоза находились в пределах физиологической нормы, содержание же кальция и каротина значительно ниже нормы (табл. 6).

Таблица 6 – Биохимические показатели крови коров перед постановкой на опыт

Группа	Биохимические показатели, мг/%					
	общий белок	глюкоза	кальций	резервная щелочность	фосфор	каротин
Контрольная группа, среднее значение	8,05	45,2	9,5	67,43	5,78	0,375
1 опытная группа, среднее значение	8,08	54,3	9,76	57,94	5,56	0,325
2 опытная группа среднее значение	8,18	61,2	10,88	41,0	4,83	0,275

Исследования показали, что использование премикса позволило улучшить обмен веществ у опытных коров 1 группы и приблизить биохимические показатели крови к физиологической норме. Оптимизация рационов кормления в зимне- стойловый период премикса «ЭкоБио Продукт» оказала положительное влияние на увеличение массовой доли жира и белка в молоке. Затраты кормов на единицу продукции в 1 контрольной группе составили 22,20 р., а себестоимость кормовой единицы - 26,72р. В 2 опытной группе (ЭкоБиоПродукт) соответственно - 17,96 р. и 25,91 р.

В результате исследования выявлен наиболее экономичный тип кормления, обеспечивающий высокую продуктивность коров. Установлено, что включение в рационы лактирующих коров кормовых добавок в течение 2 месяцев после отела, увеличивает молочную продуктивность на 232 кг. Балансирование рационов высокопродуктивных коров за счет премиксов, разработанных применительно к местной кормовой базе, позволяет увеличить их молочную продуктивность в стойловый период на 10,7 %.

Таким образом, проведенные исследования свидетельствуют об эффективности использования для зимне-стойлового кормления высокопродуктивных коров премикса ЭкоБиоПродукт наряду с хозяйственным рационом.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

- Кузнецов В.М. Кормление голштинской породы скота в сельскохозяйственных предприятиях Сахалинской области. / В.М. Кузнецов-М., ФГБОУ ВПО РГАУ - МСХА, 2013. – 152 с.
- Чомаев А. Воспроизводство в высокопродуктивных стадах/ Чомаев А., Митяшова О., Оборин А. // Животноводство России. 2008. № 9, С- 45-46.
- Ли. В. Некоторые аспекты технологии кормления коров / Ли. В //Молочное и мясное скотоводство. 2001. № 8.С 7-10
- Калашников, А.П. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных. / А.П. Калашникова, В.И. Фисина, В.В. Щеглова и др. – М., 2003-456 с.
- Лебедев Н.Т. Методы исследования кормов, органов и тканей животных / Лебедев Н.Т., Усович А.Т. – М.: Россельхозиздат, 1976. – 389 с.
- Методические рекомендации по организации и проведению исследований по кормлению коров на промышленных фермах и комплексах. – Дубровицы, 1983. – С. 13-36.
- Кузнецов В. М. Эффективность производства и использования кормов в рационах коров Сахалинской области. Кузнецов В. М., Ирейкина Р. П. // Ветеринария и кормление, 2018. – № 5. – С. 21- 23 (ВАК, РИНЦ, Agris, CrossRef, DOI).
- Астащенко Л.И. Корма из многолетних трав в составе рационов коров первой лактации голштинской породы . Астащенко Л.И. // Сб. науч. тр.: Инновационные научные достижения в АПК Дальневосточного региона: теория и практика. – Южно-Сахалинск: Полиграфическая компания «Кано», 2018. – С. 3-8 (РИНЦ).
- Научные основы полноценного кормления сельскохозяйственных животных /ВАСХНИИЛ. – М.: Агропромиздат, 1986. – 317 с.

10. Щеглов В.В. Корма: Приготовление, хранение использование: справочник /В.В. Щеглов, А.Г. Боярский. – М.: Агропромиздат, 1990. – 255 с.

11. Справочник по химическим лабораторным методам исследования / Под. Ред. Е.А. Кост – М.: Медицина, 1968. – 436 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Kuznetsov V.M. Kormleniye golshtinskoj porody skota v sel'skokhozyaystvennykh predpriyatiyakh Sakhalinskoy oblasti [Feeding Holstein Breed of Livestock in Agricultural Enterprises of the Sakhalin region] / V.M. Kuznetsov-M., FSBEI HPE RSAU – ICCA, 2013. – 152 p. [in Russian]

2. Chomaev A., Mityashova O., Oborin A. Vosproizvodstvo v vysokoproduktivnykh stadakh [Reproduction in Highly Productive Herds] / Zhivotnovodstvo Rossii [Animal Husbandry of Russia]. – 2008. – No. 9, P. 45-46. [in Russian]

3. Li. B. Nekotoryye aspekty tekhnologii kormleniya korov [Some Aspects of Cow Feeding Technology] / Molochnoye i myasnoye skotovodstvo [Dairy and beef cattle]. – 2001. – No. 8. – P.7-10 [in Russian]

4. Kalashnikov, A.P. Normy i ratsiony kormleniya sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh [Norms and Diets for Feeding Farm Animals]. /Ed. by A.P. Kalashnikov, V.I. Fisinin, V.V. Scheglov, N.I. Kleimenov. – M., 2003-456 p. [in Russian]

5. N. Lebedev A.T. Uovich. Metody issledovaniya kormov, organov i tkaney zhivotnykh [Methods for Study of Feeds, Organs and Tissues of Animals]. – М.: Rosselkhozizdat, 1976. – 389 p. [in Russian]

6. Metodicheskiye rekomendatsii po organizatsii i provedeniyu issledovaniy po kormleniyu korov na promyshlennykh fermakh i kompleksakh [Methodical Recommendations on Organization and Conduct of Research on Feeding Cows on Industrial Farms and Complexes] – Dubrovitsy, 1983. – p. 13-36. [in Russian]

7. Kuznetsov V.M., Irekina R.P. Effektivnost' proizvodstva i ispol'zovaniya kormov v ratsionakh korov Sakhalinskoy oblasti [Efficiency of Production and Use of Feed in Diets of Cows in Sakhalin Region] // Veterinariya i kormleniye [Veterinary and Feeding], 2018. – No. 5. – P. 21-23 (HAC, RISC, Agris, CrossRef, DOI). [in Russian]

8. Astashenkova L.I. Korma iz mnogoletnikh trav v sostave ratsionov korov pervoy laktatsii golshtinskoj porody [Forage from Perennial Grasses as Part of Diets of Cows of First Lactation of Holstein Breed] // Sb. nauch. tr.: Innovatsionnyye nauchnyye dostizheniya v APK Dal'nevostochnogo regiona: teoriya i praktika [Col. of Scientific works: Innovative scientific achievements in the agroindustrial complex of the Far Eastern region: theory and practice]. – Yuzhno-Sakhalinsk: Kano Printing Company, 2018. – P. 3-8 (RISC). [in Russian]

9. Nauchnyye osnovy polnotsennogo kormleniya sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh [Scientific Basis of High-grade Feeding of Farm Animals] / VASHNIIL. – М.: Agropromizdat, 1986. – 317 p. [in Russian]

10. Shcheglov, V.V. Korma: Prigotovleniye, khraneniye ispol'zovaniye: spravochnik [Feed: Preparation, Storage Use: Reference Book] / V.V. Scheglov, A.G. Boyarsky. – М.: Agropromizdat, 1990. – 255 p. [in Russian]

11. Spravochnik po khimicheskim laboratornym metodam issledovaniya [Reference in Chemical Laboratory Methods of Research] / Ed. by E.A. Kost – М.: Medicine, 1968. – 436 p. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.83.5.027>**ВЛИЯНИЕ КОМПОСТА МНОГОЦЕЛЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА АГРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ В ОСУШАЕМОМ АГРОЛАНДШАФТЕ**

Научная статья

Рублюк М.В.^{1,*}, Иванов Д.А.², Карасева О.В.³¹ ORCID: 0000-0001-5319-2614;² ORCID: 0000-0002-8123-3257;³ ORCID: 0000-0002-8377-6386;^{1, 2, 3} Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт мелиорированных земель» (ФГБНУ ВНИИМЗ), Тверь, Россия

* Корреспондирующий автор (2016vniimz-noo[at]list.ru)

Аннотация

В работе приведены данные многолетнего мониторинга физических свойств почв в пределах разнообразных ландшафтных обстановок и в условиях разного агрофона, проведенного на агроэкологическом полигоне ФГБНУ ВНИИМЗ. Показано влияние компоста многоцелевого назначения на изменение основных агрофизических свойств (плотности и влажности) дерново-подзолистой почвы в пределах конечно-моренного холма. Исследовались почвы под культурами зернотравяного севооборота, развернутого во времени на тестовом поле, где внесли 12 т/га компоста многоцелевого назначения и на контрольном поле, где удобрения не вносили. Полученные данные обрабатывались методом дисперсионного анализа. В ходе исследований выявлено, что применение продуктов биоконверсии органического сырья способствовало снижению плотности пахотного слоя почвы под зерновыми культурами на 1,60-5,04 %. Под травами снижение плотности почвы наблюдалось только в пределах северного склона (на 0,86-3,38 %). На пространственную вариабельность влажности почвы оказали заметное влияние структура почвенного покрова, плотность почвы, агроландшафтное устройство территории. Однако, наибольшее воздействие на нее оказал характер возделываемых культур. Под многолетними травами влажность почвы возрастала на 27,3-31,3 % по сравнению с зерновыми культурами. Зависимость влажности почвы от применения компоста многоцелевого назначения не установлена, однако отмечена тенденция ее снижения в нижней части южного склона и на вершине холма. Выявленные закономерности позволяют разрабатывать мероприятия по регулированию водно-физических свойств почв в агроландшафте и, тем самым, повысить плодородие почв и экологическую устойчивость природной среды.

Ключевые слова: плотность, влажность, компост многоцелевого назначения, агроландшафт, микроландшафт, зерновые культуры, травосмесь.

INFLUENCE OF MULTIPLE-PURPOSE COMPOSITION COMPOST ON AGROPHYSICAL PROPERTIES OF SOIL IN DRAINED CULTIVATED LAND

Research article

Rublyuk M.V.^{1,*}, Ivanov D.A.², Karaseva O.V.³¹ ORCID: 0000-0001-5319-2614;² ORCID: 0000-0002-8123-3257;³ ORCID: 0000-0002-8377-6386;^{1, 2, 3} Federal State Budgetary Institution "All-Russian Scientific Research Institute of Reclaimed Lands" (FSBI ARSRIL), Tver, Russia

* Corresponding author (2016vniimz-noo[at]list.ru)

Abstract

The paper presents the data of long-term monitoring of the physical properties of soils within a variety of landscapes and under conditions of a different agricultural background, conducted at the agroecological testing ground of the FSBI ARSRIL. The effect of multipurpose compost on the change in the basic agrophysical properties (density and humidity) of sod-podzolic soil within a finite morainial hill was shown. Soils under crops of grain-grass crop rotation were studied on a test field where 12 t/ha of multi-purpose compost were introduced and on a control field where fertilizers were not applied. The obtained data were processed by the variance analysis method. In the course of the research, it was revealed that the use of products of bioconversion of organic raw materials contributed to the decrease in the density of the arable layer of soil under grain crops by 1.60-5.04%. Under grasses, a decrease in soil density was observed only within the northern slope (by 0.86–3.38%). The spatial variability of soil moisture was significantly influenced by the structure of the soil cover, soil density, and the agricultural landscape structure of the territory. However, the character of the cultivated crops had the greatest impact on it. Under perennial grasses, soil moisture increased by 27.3-31.3% compared with cereals. The dependence of soil moisture on the use of multi-purpose compost has not been established. However, there is a tendency to decrease it in the lower part of the southern slope and at the top of the hill. The revealed patterns make it possible to develop measures for regulating the water-physical properties of the soil in the agricultural landscape and, thereby, to improve soil fertility and the environmental sustainability of the natural environment.

Keywords: density, humidity, multi-purpose compost, agricultural landscape, micro landscape, grain crops, grass mixture.

Введение

Оценка современных трендов развития процессов почвообразования в антропогенно преобразованных почвах позволит прогнозировать изменение их свойств в течение длительного периода [1]. Обеднение почвы гумусом влечет

за собой увеличение ее плотности и говорит о взаимосвязи этих двух процессов. Удобрения минерального и органического типов, внесенные в почву с помощью обрабатывающей техники, способны уравновесить ее плотность.

Агрофизические показатели относятся к важнейшим почвенным характеристикам, так как именно они определяют параметры поступления, накопления и использования почвенной биотой, воды, воздуха и тепла, скорость и направление роста корневых систем растений. Одним из таких показателей является плотность почвы. На пашне она регулируется с помощью периодических обработок, что позволяет поддерживать ее в относительно оптимальном состоянии для роста и развития культур, на травах она определяется величиной равновесной плотности и степенью развития корневых систем травянистой растительности.

Системы удобрений также оказывают влияние на физические свойства почвы. В опыте по изучению состояния агрофизических показателей чернозема выщелоченного в зависимости от системы применяемого удобрения выявлено, что влажность почвы на варианте с органической системой удобрений по всему исследуемому профилю почвы была в среднем на 1,4% и 0,8% больше, чем на вариантах без удобрений и с минеральной системой удобрений.

В нашей работе сделана попытка анализа влияния компоста многоцелевого назначения (КМН), разработанного учеными ФГБНУ ВНИИМЗ, на физические свойства почв в различных ландшафтных условиях мелиоративного объекта.

Методика

Для изучения влияния компоста многоцелевого назначения (КМН) на свойства дерново-подзолистой почвы и продуктивность возделываемых культур в 2013 году на агроэкологическом полигоне ФГБНУ ВНИИМЗ [9] был заложен полевой опыт – развернут зернотравяной севооборот во времени на тестовом участке и контроле со следующим чередованием культур: 1) яровая пшеница; 2) рапс (на сидерат); 3) озимая рожь; 4) овес + травы; 5-7) травы 1-3 г. пользования. Компост однократно вносили на тестовом участке под посев яровой пшеницы в дозе 12 т/га, что составляет N_{300} , P_{180} , K_{120} . В дальнейшем изучалось последствие КМН. В опыте изучалось влияние компоста и его последствие на водно-физические свойства почвы зерновых культур (яровая пшеница, озимая рожь, покровный овес) – 1, 3-4 г. последствия) и травосмеси (клевер+тимopheевка) 1 и 2 г. пользования (5, 6 годы последствия). Влажность почвы определяли в постоянных точках опробования, расположенных в 40 м друг от друга методом горячей сушки, плотность – буровым методом [10].

Вариантами опыта являются конкретные местоположения – агромикрорландшафты (АМЛ), расположенные на вершине холма, его пологих склонах (южный и северный) и межхолмных депрессиях. 1.Т-Аю – транзитно-аккумулятивный южного склона; 2.Тю – транзитный южного склона; 3.Э-Тю – элювиально-транзитный южного склона; 4.Э-А – элювиально-аккумулятивный (вершина холма); 5.Э-Тс – элювиально-транзитный северного склона; 6.Тс – транзитный северного склона; 7.Т-Ас – транзитно-аккумулятивный северного склона.

Почвы стационара дерново-сильноподзолистые остаточного-карбонатные глееватые. Гранулометрический состав почв вариантов южного склона и вершины – супесчаный, северного склона – легкосуглинистый. Почвообразующие породы имеют двучленный характер. На южном склоне средняя глубина морены превышает 1 м, а на северном она залегает на глубину 0,5-0,6 м, местами выходит на поверхность. Опытный участок осушен закрытым дренажем, глубина залегания дрен – 1 м, междренное расстояние в элювиальных вариантах составляет 40 м, в транзитных – 20 м, в транзитно-аккумулятивных – 20 м.

Полученные данные на начальном этапе обрабатывали методом двухфакторного дисперсионного анализа, где фактор А – особенности АМЛ, а фактор В – агрофон. В условиях конкретного агрофона они обрабатывались методом трехфакторного анализа, где фактор А – экспозиция склонов; В – особенности агромикрорландшафтов, фактор С – особенности почв. Определение степени влияния ландшафтных факторов на свойства дерново-подзолистой почвы осуществлялось на основе метода Н.А. Плохинского путем деления частной факториальной суммы квадратов на общую [11].

Результаты и их обсуждение

Изменение плотности почвы при использовании компоста многоцелевого назначения и вида возделываемых культур представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Влияние компоста многоцелевого назначения на плотность пахотного слоя дерново-подзолистой почвы, г/см³ (среднее за 2013-2018 гг.) (результаты двухфакторного анализа)

АМЛ	Зерновые		Травы		Отклонение показателей от контроля, %	
	по фону КМН	без КМН (контроль)	по фону КМН	без КМН (контроль)	зерновые	травы
1.Т-Аю	1,24	1,24	1,30	1,29	-	+0,77
2.Тю	1,19	1,25	1,21	1,21	-5,0	-
3.Э-Тю	1,19	1,22	1,21	1,21	-2,52	-
4.Э-А	1,21	1,23	1,21	1,21	-1,65	-
5.Э-Тс	1,25	1,27	1,16	1,17	-1,60	-0,86
6.Тс	1,26	1,30	1,24	1,27	-3,17	-2,42
7.Т-Ас	1,19	1,25	1,18	1,22	-5,04	-3,38
Среднее	1,22	1,25	1,20	1,23	-2,5	-2,5
НСР ₀₅	0,045		0,065			
НСР _А	0,032		0,046			
НСР _В	0,017		-			

Результаты исследований показали, что применение КМН привело к снижению плотности пахотного слоя почвы под зерновыми культурами практически на всех вариантах (в среднем на 2,5%). Наибольшее разуплотнение почвы наблюдалось в транзитно-аккумулятивном АМЛ северного склона – на 5,04 %. На варианте с низкой влажностью почвы и невысоким содержанием гумуса (Т-Аю) внесение компоста не оказало влияния на плотность почвы.

Под травами плотность почв под воздействием КМН также снизилась в среднем по агроландшафту моренного холма на 2,5%. Однако достоверное влияние последствия внесения компоста наблюдалось лишь на вариантах склона северной экспозиции. Наибольшее снижение плотности почвы отмечено в 7 варианте – 3,38 %. Уменьшение плотности почвы связано с получением более высокой урожайности в условиях этого местоположения, и соответственно увеличением массы растительных остатков, которые снижают плотность почвы.

Дисперсионный трехфакторный анализ показал, что ландшафтные факторы в опыте с КМН слабо влияли на плотность почвы под зерновыми культурами (экспозиция определяла лишь 7,6 %, пространственной вариативности этого показателя, а микроландшафты – 3,8 %). На травах их влияние не достоверно. На контроле ландшафтные факторы значительно влияют на плотность почвы под зерновыми: особенности экспозиции склонов и микроландшафтов определяют по 25 и 21,2 % пространственной вариативности плотности почв соответственно; под травами – микроландшафты влияют на 22,3 % изменчивости.

Одним из важных агрофизических показателей является влажность, характер изменения которой показан в таблице 2.

Таблица 2 – Влияние компоста многоцелевого назначения на влажность пахотного слоя почвы, в об. % (среднее за 2013-2018 гг.) (результаты двухфакторного анализа)

АМЛ	Зерновые		Травы		Отклонение показателей от контроля, %	
	по фону КМН	без КМН (контроль)	по фону КМН	без КМН (контроль)	зерновые	травы
1.Т-Аю	11,7	13,9	14,9	18,1	-18,8	-21,4
2.Тю	18,8	17,8	24,7	20,7	+5,6	+19,3
3.Э-Тю	19,7	19,9	23,7	22,7	-1,0	+4,4
4.Э-А	16,8	17,8	20,6	21,9	-5,95	-6,31
5.Э-Тс	18,4	17,9	21,8	21,4	+2,8	+1,86
6.Тс	20,6	21,3	23,7	23,3	-3,39	+1,71
7.Т-Ас	20,8	20,4	25,5	23,5	+1,96	+8,51
Среднее	18,1	18,4	22,1	21,6	+1,6	+2,3
НСР ₀₅	4,012		4,495			
НСР _А	2,037		3,179			
НСР _В	-					

Результаты исследований показали, что наибольшее влияние на влажность почвы оказал характер возделываемых культур. Влажность почвы под многолетними травами в абсолютных значениях была выше на 27,3-31,3%, чем под зерновыми. Внесение и последствие КМН не оказали достоверного влияния на влажность пахотного слоя почвы – наблюдалась лишь тенденция к ее увеличению на 1,6% под зерновыми и на 2,3% под травами. На тестовом поле отмечено снижение влажности почвы лишь в транзитно-аккумулятивном АМЛ южного склона под зерновыми и травами на 18,8 и 24,4 % соответственно и повышение ее на 8,51% в Т-Ас под травами.

На влажность почвы оказали влияние структура почвенного покрова, плотность почвы и агроландшафтное устройство территории. Трехфакторный анализ показал, что в опыте с КМН на влажность почвы в большей степени влияют особенности агроландшафты (26,5% под зерновыми и 18,9 % под травами). На вариантах без применения КМН влажность почвы изменялась в зависимости от экспозиции склона (16,1% под зерновыми и 5,3% под травами), а под зерновыми и микроландшафтов (15,9 %).

Таким образом, применение компоста многоцелевого назначения способствовало снижению плотности почвы под зерновыми культурами. Под травами плотность почвы снижалась только на склоне северной экспозиции. На изменение влажности пахотного слоя почвы наибольшее влияние оказал характер возделываемой культуры. Под многолетними травами влажность почвы возрастала на 27,3-31,3 %, по сравнению с зерновыми культурами. Зависимость влажности почвы от применения КМН не установлена, однако отмечена тенденция ее снижения в транзитно-аккумулятивном АМЛ южного склона и на вершине холма. В опыте с КМН снижалось влияние ландшафтных факторов на посевах зерновых и не выявлено их влияния на травах. На влажность почвы под зерновыми культурами и травами в опыте с КМН в большей степени оказали влияние агроландшафты (26,5 и 18,9% соответственно).

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Леднев А.В. Влияние степени исходного окультуривания на агрофизические показатели залежных дерново-подзолистых почв / А.В. Леднев, А.В. Дмитриев, Н.А. Пегова, Д.А. Попов // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2018. - № 6. - С. 102-107.
2. Ковалёв Н.Г. Органические удобрения в XXI веке (биоконверсия органического сырья) / Н.Г. Ковалев, И.Н. Барановский. – Тверь, 2006. – 304с.
3. Ковалёв Н.Г. Биомелиоративные аспекты использования нетрадиционных удобрений, получаемых путем биоконверсии органического сырья на предприятиях агропромышленного комплекса / Н.Г. Ковалев, И.Н. Барановский // *Механізація та електрифікація сільського господарства*. – Глеваха, Украина, 2010. – Вип. 94. – С. 58-69.
4. Иванов Д.А. Оценка эффективности компоста многоцелевого назначения на осушаемых землях / Д.А. Иванов, О.В. Карасева // в сборнике: Экологические проблемы развития агроландшафтов и способы повышения их продуктивности. Материалы Междунар. науч. экол. конф. Краснодар: КубГАУ. 2018. С. 19-22.
5. Иванов Д.А. Влияние компоста многоцелевого назначения на продуктивность яровой пшеницы в различных ландшафтных условиях / Д.А. Иванов, Н.Г. Ковалев, В.А. Тюлин и др. // *Кормопроизводство*. – 2014. – №6. – С. 29-32.
6. Иванов Д.А. Состояние агроландшафтов и эффективность компоста многоцелевого назначения / Д.А. Иванов, В.А. Тюлин, В.А. Абрамов // *Вестник ТвГТУ*. – 2015. – №2 (28). – С. 3-7.
7. Иванов Д.А. Влияние ландшафта и органического компоста на продуктивность культур / Д.А. Иванов, М.В. Рублюк, О.В. Карасева // *Вестник ГАУ Северного Зауралья*. – 2016. – №1(32). – С.47-52.
8. Иванов Д.А. Влияние компоста многоцелевого назначения на свойства дерново-подзолистой почвы в агроландшафтах гумидной зоны / Д.А. Иванов, М.В. Рублюк, Н.Г.Ковалев // в сборнике: Научно-практические пути повышения экологической устойчивости и социально-экономическое обеспечение сельхозпроизводства. Материалы Межд. научн.-практ. конф. Солёное Займище, ПНИИАЗ. 2017. С. 435-438.
9. Иванов Д.А. Создание ландшафтного полигона нового поколения / Д.А. Иванов, Е.М. Корнеева, Р.А. Салихов и др. // *Земледелие*. – 1999. – №6. – С. 15-16.
10. Вадюнина А.Ф. Методы исследования физических свойств почв и грунтов /А.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина // Изд. 2-е Учеб. Пособие для студентов вузов (специальность «Агрохимия и почвоведение»). М.: «Высшая школа», 1973. – 393 с.
11. Плохинский Н.А. Биометрия / Н.А. Плохинский. // М.:МГУ. – 1970. -367 с.

Список литературы на английском / References in English

1. Lednev A.V. Vliyaniye stepeni iskhodnogo okul'turivaniya na agrofizicheskiye pokaza-teli zaleznykh dervno-podzolistykh pochv [The influence of the degree of initial cultivation on the agrophysical indicators of fallow sod-podzolic soils] / A.V. Lednev, A.V. Dmitriyev, N.A. Pegova, D.A. Popov // *Agrarnaya nauka Yevro-Severo-Vostoka* [Agrarian Science of Euro-Northeast]. 2018. - № 6. - P. 102-107. [in Russian]
2. Kovalov N.G. Organicheskiye udobreniya v XXI veke (biokonversiya organicheskogo sy-r'ya) [Organic fertilizers in the XXI century (bioconversion of organic raw materials)] / N.G. Kovalev, I.N. Baranovskiy. – Tver', 2006. – 304 p. [in Russian]
3. Kovalov N.G. Biomeliiorativnyye aspekty ispol'zovaniya netraditsionnykh udobreniy, poluchayemykh putem biokonversii organicheskogo syr'ya na predpriyatiyakh agropromysh-lennogo kompleksa [Biomeliorative aspects of the use of non-traditional fertilizers obtained by the bioconversion of organic raw materials at the enterprises of the agro-industrial complex] / N.G. Kovalev, I.N. Baranovskiy // *Mekhanizatsiya ta yelektrifikatsiya sil's'kogo gospodarstva*. – Glevakha, Ukraina, 2010. – Vip. 94. – P. 58-69. [in Russian]
4. Ivanov D.A. Otsenka effektivnosti komposta mnogotselevogo naznacheniya na osushaye-mykh zemlyakh [Evaluation of the effectiveness of multi-purpose compost on drylands] / D.A. Ivanov, O.V. Karaseva // v sbornike: Ekologicheskiye problemy raz-vitiya agrolandshaftov i sposoby povysheniya ikh produktivnosti. Materialy Mezhdunar. nauch. ekol. konf. Krasnodar: KubGAU. 2018. P. 19-22. [in Russian]
5. Ivanov D.A. Vliyaniye komposta mnogotselevogo naznacheniya na produktivnost' yarovoy pshenitsy v razlichnykh landshaftnykh usloviyakh [The effect of multipurpose compost on the productivity of spring wheat in various landscape conditions] / D.A. Ivanov, N.G. Kovalev, V.A. Tyulin i dr. // *Kormoproizvodstvo* [Feed production]. – 2014. – №6. – P. 29-32. [in Russian]
6. Ivanov D.A. Sostoyaniye agrolandshaftov i effektivnost' komposta mnogotselevogo naznacheniya [The state of agricultural landscapes and the effectiveness of multi-purpose compost] / D.A. Ivanov, V.A. Tyulin, V.A. Abramov // *Vestnik TvGTU* [Vestnik TvSTU]. – 2015. – №2 (28). – P. 3-7. [in Russian]
7. Ivanov D.A. Vliyaniye landshafta i organicheskogo komposta na produktivnost' kul'tur [Influence of landscape and organic compost on the cultivar productivity] / D.A. Ivanov, M.V. Rublyuk, O.V. Karaseva // *Vestnik GAU Severnogo Zaural'ya* [Bulletin of the Northern Trans-Urals GAU]. – 2016. – №1(32). – P.47-52. [in Russian]
8. Ivanov D.A. Vliyaniye komposta mnogotselevogo naznacheniya na svoystva dervno-podzolistoy pochvy v agrolandshaftakh gumidnoy zony [Influence of multipurpose compost on the properties of sod-podzolic soil in the agrolandscapes of the humid zone] / D.A. Ivanov, M.V. Rublyuk, N.G.Kovalev // v sbornike: Nauchno-prakticheskiye puti povysheniya ekologicheskoy ustoychivosti i sotsial'no-ekonomicheskoye obespecheniye sel'khozproduktstva. Materi-aly Mezhd. nauchn.-prakt. konf. Solenoye Zaymishche, PNIIAZ. 2017. P. 435-438. [in Russian]
9. Ivanov D.A. Sozdaniye landshaftnogo poligona novogo pokoleniya [Creating a new generation of landfill landscape] / D.A. Ivanov, Ye.M. Korneyeva, R.A. Salikhov i dr. // *Zemledeliye* [Agriculture]. – 1999. – №6. – P. 15-16. [in Russian]
10. Vadyunina A.F. Metody issledovaniya fizicheskikh svoystv pochv i gruntov [Methods for studying the physical properties of soils and soil] /A.F. Va-dyunina, Z.A. Korchagina // . 2 edition Ucheb. Posobiye dlya studentov vuzov (spetsial'nost' «Agrokhi-miya i pochvovedeniye»). M.: «Vysshaya shkola», 1973. – 393 p. [in Russian]
11. Plokhinskiy N.A. Biometriya [Biometrics] / N.A. Plokhinskiy. // M.:MGU. – 1970. -367 p. [in Russian]