АКАДЕМИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ
«ACADEMY OF NATURAL HISTORY»

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЖУРНАЛ ПРИКЛАДНЫХ И ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

INTERNATIONAL JOURNAL OF APPLIED AND FUNDAMENTAL RESEARCH

Журнал основан в 2007 году
The journal is based in 2007
ISSN 1996-3955

Двухлетний импакт-фактор
РИНЦ = 0,618

Пятилетний импакт-фактор
РИНЦ = 0,337

№ 7 2018

Научный журнал
Scientific journal

Журнал International Journal of Applied and Fundamental Research (Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований) зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций. Свидетельство ПИ № ФС 77-60735.

Электронная версия размещается на сайте www.rae.ru

The electronic version takes places on a site www.rae.ru

МОСКВА «АКАДЕМИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ» **18+**

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЖУРНАЛ ПРИКЛАДНЫХ
И ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

INTERNATIONAL JOURNAL OF APPLIED
AND FUNDAMENTAL RESEARCH

Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНИТИ.
Сведения о журнале ежегодно публикуются в международной справочной системе по периодическим и продолжающимся изданиям «Ulrich's Periodicals directory» в целях информирования мировой научной общественности.

Журнал представлен в ведущих библиотеках страны и является рецензируемым. Журнал представлен в НАУЧНОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ БИБЛИОТЕКЕ (НЭБ) – головном исполнителе проекта по созданию Российского индекса научного цитирования (РИНЦ) и имеет импакт-фактор Российского индекса научного цитирования (ИФ РИНЦ).

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ = 0,618.
Пятилетний импакт-фактор РИНЦ = 0,337.

Учредитель, издательство и редакция:
НИЦ «Академия Естествознания»,
почтовый адрес: 105037, г. Москва, а/я 47.

ISSN 1996-3955

Тел. редакции – 8-(499)-704-13-41
Факс (845-2)-47-76-77

E-mail: edition@rae.ru

Зав. редакцией Т.В. Шнуровозова
Техническое редактирование и верстка Л.М. Байгузова
Корректор Е.С. Галенкина

Подписано в печать 26.07.2018
Дата выхода номера 26.08.2018

Формат 60х90 1/8
Типография
НИЦ «Академия Естествознания»
410035, г. Саратов,
ул. Мамонтовой, д. 5

Распространение по свободной цене

Усл. печ. л. 24,75
Тираж 500 экз.
Заказ МЖПиФИ 2018/7

СОДЕРЖАНИЕ

Технические науки

Физико-математические науки

Химические науки

Медицинские науки

Биологические науки

Сельскохозяйственные науки

Науки о Земле

CONTENTS

Technical sciences

Physical and mathematical sciences

Chemical sciences

Medical sciences

Biological sciences

Agricultural sciences

Earth sciences

Economical sciences

УДК 664.15

ОБОСНОВАНИЕ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ПАТОКИ ИЗ КУКУРУЗНОГО КРАХМАЛА

Волончук С.К., Резепин А.И.

Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологии РАН

Сибирский научно-исследовательский и технологический институт переработки сельскохозяйственной продукции, п. Краснообск, Новосибирская обл., e-mail: volonchuk 2015@yandex.ru

Исследования проводили с целью повышения эффективности технологии получения патоки из кукурузного крахмала путем сокращения времени ферментативного гидролиза (ФГ) крахмала и энергозатрат в процессе ее производства. Работу проводили в лаборатории института переработки сельскохозяйственной продукции в рамках выполнения НИР. В качестве сырья использовался кукурузный крахмал нативный и подвергнутый обработке инфракрасным излучением, генерируемым галогеновыми лампами марки КГТ. Ферментативный гидролиз необлученного и облученного кукурузного крахмала проводили на установке роторно-импульсного типа (РПА), разработанной в СибНИТИП. Контролировали следующие параметры: расход энергии, время гидролиза, температура. Внесение ферментных препаратов осуществляли по известной схеме. Количественные значения содержания сахаров в патоке в процессе ферментативного гидролиза крахмала определяли по ГОСТ 26176-91 в соответствии с динамикой этапов процесса. Установлено, что уровень содержания сахаров в патоке около 17% достигается через 160 мин ферментативного гидролиза облученного крахмала и через 280 мин. необлученного крахмала. При этом удельные энергозатраты на гидролиз составили для необлученного – 5,45 кВт•ч/кг, для облученного – 4,04кВт•ч/кг, то есть уменьшились в 1,75 раза. Максимальное количество сахаров 25–26% отмечено в патоке из облученного крахмала. В результате математической обработки экспериментальных данных получены уравнения, с высокой достоверностью описывающие динамику процесса ферментативного гидролиза облученного и необлученного крахмалов. Делается вывод о положительном влиянии ИК облучения крахмала при проведении его ФГ в процессе получения патоки крахмальной.

Ключевые слова: ферментативный гидролиз, крахмал, патока, сахара, энергозатраты

SUBSTANTIATION OF INCREASE OF EFFICIENCY OF TECHNOLOGY FOR OBTAINING MOLASSES FROM CORN STARCH

Volonchuk S.K., Resepin A.I.

Federal State Institution of Science Siberian Federal Scientific Center of Agrobiotechnology of the RAS, Siberian research and technological Institute processing of agricultural products, p. Krasnoobsk, Novosibirsk region, e-mail: volonchuk2015@yandex.ru

The studies were carried out with the aim of increasing the efficiency of the technology for the production of molasses from corn starch by reducing the time of fermentative hydrolysis (FG) of starch and energy consumption in the process of its production. The work was carried out in the laboratory of the Institute of processing of agricultural products in the framework of the research. As raw materials used native corn starch and subjected to processing by infrared radiation generated by halogen lamps of the KGT brand. Enzymatic hydrolysis of non-irradiated and irradiated corn starch was performed using the rotor-pulse type (RPA), developed in SibNITIP. The following parameters were monitored: power consumption, hydrolysis time, temperature. Introduction of enzyme preparations was carried out according to the known scheme. Quantitative values of the sugar content in the flow during enzymatic hydrolysis of starch were determined according to GOST 26176-91 in accordance with the dynamics of the process stages. It is established that the level of sugar content in the flow of about 17% is achieved through 160 minutes. enzymatic hydrolysis of irradiated starch and through 280 minutes. In this case the specific energy consumption for hydrolysis made for non-irradiated – 5,45 kW•h/kg for irradiated -4,04 kWh/kg, a decline of 1.75 times. The maximum amount of sugars 25-26% noted in molasses from irradiated starch.The value of the amount of sugars in molasses from non-irradiated starch remains unchanged at 17%. As a result of mathematical processing of experimental data using the approximation method of least squares equations are obtained with high accuracy of describing the dynamics of the process of fermentative hydrolysis of irradiated and non-irradiated starches.

Keywords: enzymatic hydrolysis, starch, molasses, sugars, energy consumption

Крахмал и сахаристые крахмалопродукты (патоки, глюкозные и глюкозо-фруктозные сиропы) имеют устойчивый и стабильно возрастающий спрос. Мировое производство глюкозно-фруктозных сиропов составляет около 15 млн т в год. В странах – основных производителях крахмала и крахмалопродуктов (США, Канада, Германия, Франция, Дания, Голландия, Япония и Таиланд), ежегодное производство крахмала и сахаристых крахмалопродуктов составляет 20–50 кг на душу населения, в России – лишь 0,2 кг. Согласно национальной Программе «Развитие биотехнологии в РФ на 2006–2015 гг.», принятой на III Съезде биотехнологов, организация производства глюкозо-фруктозных сиропов является приоритетным направлением в развитии отечественной биотехнологии [1]. Существующие промышленные технологии биоконверсии крахмалов на сахаристые крахмалопродукты являются сложными многостадийными, энергоемкими процессами [2]. Одна из причин этого – морфологические особенности нативного крахмала, особенно полукристаллическая структура крахмальных гранул, существенным образом препятствующая ферментативной доступности нативного крахмала. Следовательно, гипотетически, изменив фазовую, морфологическую и молекулярную структуры крахмала и увеличив доступность ферментов, можно сократить продолжительность процесса ферментативного гидролиза крахмала в патоку и уменьшить энергозатраты.

Анализ научных публикаций показал, что перспективно использовать крахмал, обработанный инфракрасным излучением (ИК), генерируемым галогеновыми лампами марки КГТ 220-1000. В результате облучения происходит декстринизация – разрушение крахмальных гранул с одновременной трансформацией амилозы и амилопектина, делая их более доступными для ферментов [3, 4].

Цель исследования: определение возможного уменьшения значений параметров времени и энергозатрат при ферментативном гидролизе крахмала, обработанного инфракрасным излучением, в процессе получения патоки крахмальной.

Материалы и методы исследования

Для исследований был подготовлен кукурузный крахмал нативный (контроль) и обработанный ИК излучением [3] в количестве 3 кг каждого. ИК обработку крахмала проводили при плотности потока 18 кВт/ м^2 и 30 минутах облучения в прерывистом режиме с продолжительностью вспышки ИК ламп 4 с и отстоем 12 с. Такой режим предотвращает поверхностную карамелизацию крахмала. Толщина слоя крахмала составляла 7 мм. ИК обработанный крахмал имел степень декстринизации 34,4–42,0 мг глюкозы/г сухого вещества, определенную по ГОСТ 29177-91 [5]. Вода питьевая в количестве 7 литров.

Исследование параметров ферментативного гидролиза ИК обработанного крахмала и нативного в патоку крахмальную проводилось на разработанной в СибНИТИП установке РПА (рис. 1).

Роторно-импульсные аппараты (РПА) относятся к гидромеханическим преобразователям механической энергии в акустическую, тепловую, что позволяет интенсифицировать гидромеханические и тепломассообменные процессы в нестационарных потоках при обработке гетерогенных сред [6] При прохождении через кавитационную ячейку (поз. 5, рис. 1) происходит схлопывание пузырьков в жидкости с выделением теплоты, в результате чего повышается температура воды и реакционной смеси.

При гидролизе крахмала контролировали следующие параметры: расход энергии, кВт·ч; время обработки, мин; температура, °С.

В ёмкость рециркуляции заливалась вода с pH 4,9 и включался диспергатор. Через 15 минут температура воды достигала 35–37 °С, что служило сигналом для равномерного, порциями, внесения крахмала (нативный или ИК обработанный) в ёмкость рециркуляции. По окончании внесения крахмала, после достижения температуры в смеси 45 °С, вносилась мультиэнзимная композиция МЭК-1, а после достижения температуры в смеси 65 °С вносилась мультиэнзимная композиция МЭК-2. Это соответствует стандартной схеме, когда под действием ферментов происходит стадия желатинизации-клейстеризации и начинается накопление сахаров. Соотношение вода: крахмал (гидромодуль) обычно формируется в пропорции 2,65:1 на основании ранее проведенных в институте исследований [7].

Далее гидродинамическая обработка крахмала в присутствии ферментов осуществлялась путем многократного прохождения через рабочие органы РПА, при этом колебания температуры в пределах 50–65 °С контролировались термодатчиком ДТС 045-50.

Через 100, 160, 220, 280 и 340 минут процесса ферментативного гидролиза (ФГ) крахмала, соответственно динамике изменения температуры этапов процесса: клейстеризация (желатинизация), ожижение, осахаривание – производился отбор проб реакционной смеси для определения содержания общего сахара. Определение содержания сахаров проводилось согласно ГОСТ Р52060-2003 [8] в аналитической лаборатории института.

Контроль энергозатрат на производство патоки осуществлялся электросчетчиком «Меркурий», ГОСТ52322-2005.

Для сравнения аналогичные операции (ФГ) проводились с необлученным (нативным) крахмалом.

Результаты исследования и их обсуждение

В результате исследования установлены значения содержания сахаров в патоке при обработке в РПА нативного (не облученного) и ИК облученного крахмала при идентичных режимах обработки и отбора проб (табл. 1).

Анализ полученных данных показал, что после внесения ферментов на стадиях разжижения и осахаривания количество сахаров в реакционной смеси с ИК облученными образцами превалирует, нарастая по мере протекания процесса гидролиза (пробы 2–5 в опытах № 1 и № 2–6). Причем разница в содержании сахаров нарастает по мере прохождения процесса ферментативного гидролиза (рис. 2). Вероятно, это вызвано тем, что молекулы амилозы и амилопектина в результате ИК облучения подверглись предварительной декстринизации, что облегчает прохождение ферментативного гидролиза.

Из данных (табл. 1) видно, что максимум сахаров из необлученного крахмала, около 17 %, достигается после 280 минут обработки. Для ИК облученного – близкие к 17 % значения содержания сахаров наблюдаются после 160 мин обработки, нарастая по мере дальнейшей обработки до значений 24–26 %. То есть продолжительность ферментативного гидролиза облученного крахмала в 1,75 раза меньше, чем необлученного.

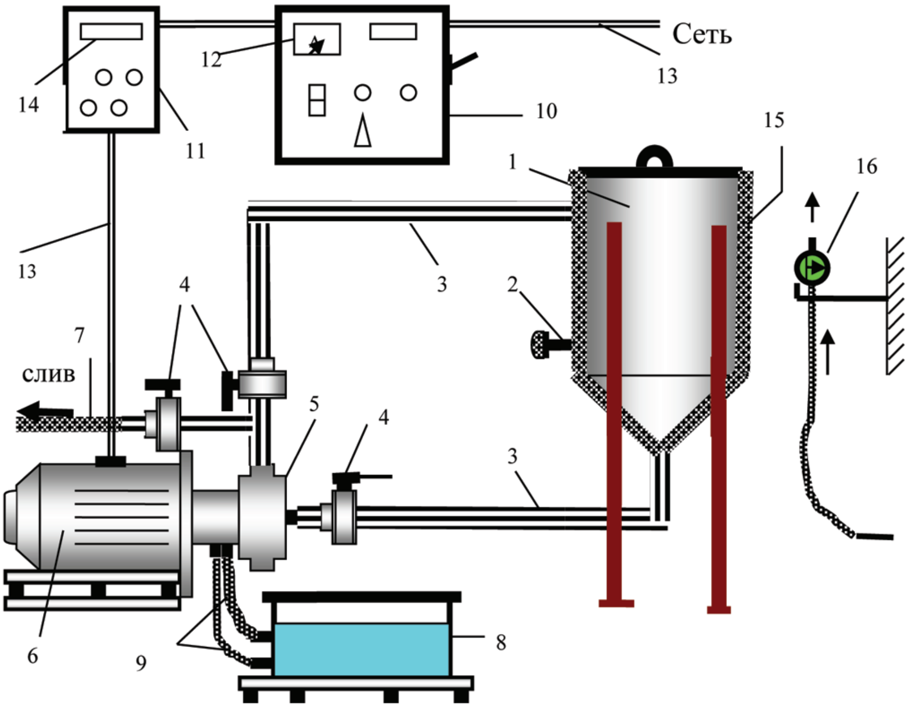


Рис. 1. Лабораторная установка ферментативного гидролиза крахмала: 1 – емкость рециркуляции; 2 – датчик температуры; 3 – продуктопровод; 4 – затворы; 5 – кавитационная ячейка; 6 – электродвигатель; 7 – слив готовой продукции/или слив в канализацию; 8 – модуль охлаждения сальникового узла; 9 – водоподводящие шланги; 10 – щит управления двигателем; 11 – частотный преобразователь, 12 – амперметр – индикатор питания двигателя; 13 – кабель электропитания, 14 – индикатор скорости вращения двигателя, 15 – теплоизоляция, 16 – расходомер воды и шланг подвода воды

Таблица 1

Содержание общего количества сахаров в патоке после ферментативного гидролиза

№ п.п.	Продолжительность обработки, мин Номер пробы				
	100 1	160 2	220 3	280 4	340 5
	Содержание общего количества сахаров в патоке,%				
1 (без облучения)	5,88 ± 0,69	12,05 ± 1,42	15,61 ± 1,84	17,15 ± 2,02	17,88 ± 2,11
2	8,17 ± 0,96	17,91 ± 2,11	20,37 ± 2,40	22,23 ± 2,62	24,83 ± 2,93
3	7,19 ± 0,85	17,11 ± 2,02	19,82 ± 2,34	21,84 ± 2,58	23,98 ± 2,83
4	8,63 ± 1,02	16,44 ± 1,94	18,83 ± 2,22	25,32 ± 2,99	26,22 ± 3,09
5	8,41 ± 0,99	17,25 ± 2,03	19,86 ± 2,34	24,42 ± 2,88	25,14 ± 2,97
6	8,75 ± 1,03	16,98 ± 2,00	20,12 ± 2,37	23,91 ± 2,82	25,63 ± 3,02

П р и м е ч а н и е . Опыты № 2–6 – эксперименты по гидролизу облученного крахмала.

Динамика процесса ферментативного гидролиза облученного и необлученного крахмалов представлена на рис. 2.

В результате математической обработки экспериментальных данных получены уравнения (1, 2), с высокой степенью достоверности на уровне 5 % описывающие зависимость изменения содержания сахаров от времени прохождения процесса ферментативного гидролиза кукурузного крахмала.

$$Y0 = -7{,}6626 + 0{,}1616t - 0003t^2\ ;$$

$$R^2 = 0{,}9966, \qquad (1)$$

$$Y1 = -7{,}2124 + 0{,}1855t - 0{,}0003t^2;$$

$$R^2 = 0{,}9648, \quad (2)$$

где Y0 – зависимость содержания сахаров от времени обработки для необлученного крахмала;

Y1 – зависимость содержания сахаров от времени обработки для облученного крахмала.

Для оценки энергоэффективности процесса ферментативного гидролиза крахмала приводим данные энергозатрат (табл. 2).

Удельные энергозатраты (W/m, кВт•ч/кг) для сравнимых вариантов по одинаковому содержанию сахаров (17%) в пробах № 2 (облученный крахмал) и № 4 (необлученный) составляют соответственно: 3,12 кВт•ч/кг и 5,45кВт•ч/кг, то есть в 1,75 раза меньше.

Выводы

Полученные данные подтверждают гипотезу об изменении фазовой, морфологической и молекулярной структуры крахмала в процессе физических воздействий электромагнитным полем инфракрасного диапазона волн, приводящим к нарушению кристалличности крахмальных гранул и трансформации амилозы и амилопектина, что облегчает их последующую биоконверсию.

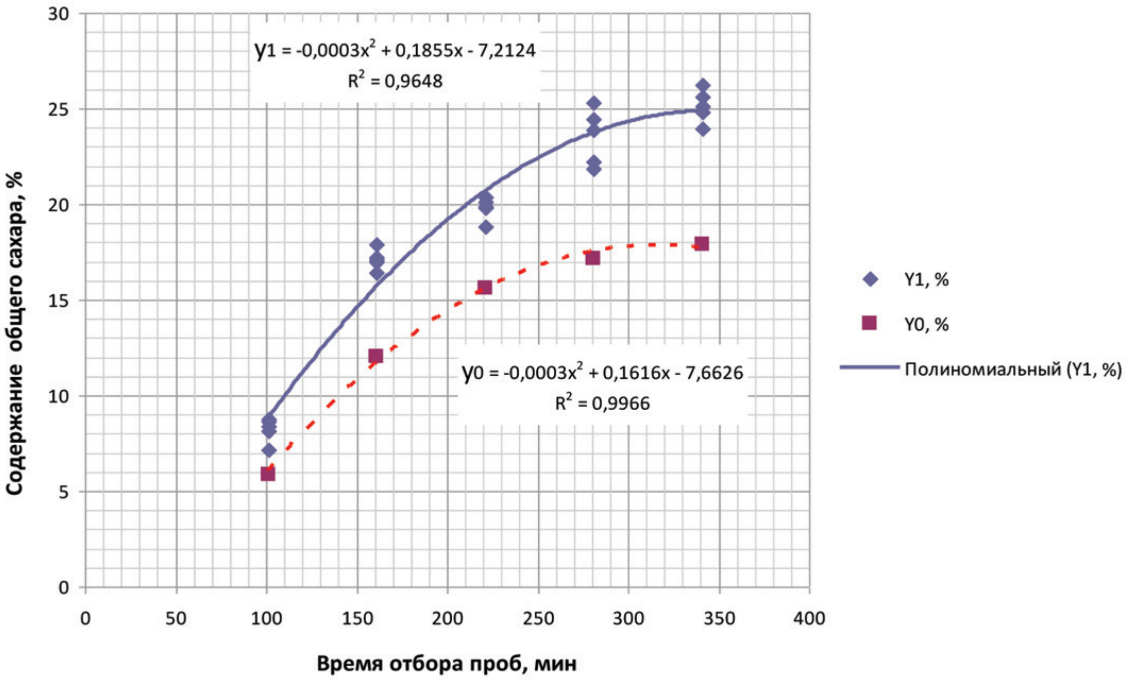


Рис. 2. Динамика изменения содержания сахаров в реакционной смеси при ферментативном гидролизе необлученного (Y0) и ИК облученного (Y1) кукурузного крахмала

Таблица 2

Затраты электроэнергии (W) в процессе ферментативного гидролиза облученного и необлученного крахмалов

Номера проб, №	Продолжительность обработки, мин	Варианты			
		Необлученный крахмал		Облученный крахмал	
		Общее к-во сахаров, кг	Энергозатраты, кВт•ч	Общее к-во сахаров, кг	Энергозатраты, кВт•ч
1	100	0,65	3,68	0,91	3,68
2	160	1,33	5,89	1,89	5,89
3	220	1,72	8,10	2,18	8,10
4	280	1,89	10,30	2,59	10,30
5	340	1,97	12,50	2,77	12,50

В результате выполнения данной работы научно обосновано повышение эффективности технологии получения патоки из кукурузного крахмала, подвергнутого ИК облучению перед ферментативным гидролизом.

Исследованиями установлено сокращение в 1,75 раза времени и удельных энергозатрат в процессе ферментативного гидролиза при получении патоки из ИК облученного крахмала по сравнению с необлученным, содержащей одинаковое количество сахаров – 17 %. Продолжение процесса гидролиза ИК облученного крахмала ведет к увеличению количества сахаров до 24–26 %, т.е. происходит более полная конверсия крахмала.

Результаты работы могут быть рекомендованы при разработке инновационных технологий получения паток из крахмалов.

Список литературы

1. Коваленко Г.А. Современные технологии переработки растительного сырья в сахаристые крахмалопродукты (патоки, сиропы) / Г.А. Коваленко, Л.В. Перминова // Фундаментальные исследования. – 2008. – № 1. – С. 80.

2. Трегубов Н.Н. Технология крахмала и крахмалопродуктов / Н.Н. Трегубов, Е.Я. Жарова, А.И. Жушман, Е.К. Сидорова / под. ред Н.Н. Трегубова, 5-е изд. перераб. и доп. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 472 с.

3. Волончук С.К. Исследование деструкции кукурузного крахмала инфракрасным облучением / С.К. Волончук, В.В. Аксенов, А.И. Резепин // Современные тенденции развития науки и технологии: материалы XXIII заочной междунар. науч.-практ. конф. – Белгород, 2017. – № 2–3. – С. 64–67.

4. Пат. 2650408 Российская Федерация, МПК С/3К 1/06. Способ получения модифицированного крахмала, содержащего декстринизированные полисахариды / Волончук С.К., Аксенов В.В., Резепин А.И., Дубкова С.А.; заявитель и патентообладатель п. Краснообск, Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук. – №.2016152840/13: заявл. 30.12.2016. опубл. 11.04.2018, Бюл. № 11. – 3 с.

5. ГОСТ 29177-91. Зерно. Методы определения состояния (степени деструкции) крахмала (переиздан: август 2004 г.) [Электронный ресурс]. – URL: http://docs.cntd.ru/document/1200024405 (дата обращения: 04.07.2018).

6. Промтов М.А. Пульсационные аппараты роторного типа: теория и практика: монография / М.А. Промтов. – М.: Машиностроение-1, 2001. – 260 с.

7. Аксенов В.В. Системный подход к интенсификации процессов биоконверсии нативных крахмалов и крахмалосодержащего сырья. Сообщение III. Проведение ферментативной биоконверсии зернового крахмалосодержащего сырья в условиях гидродинамических воздействий / В.В. Аксенов // Вестник КрасГАУ. – 2009. – Выпуск № 1. – С. 147–152.

8. ГОСТ Р 52060-2003 Патока крахмальная. Общие технические условия [Электронный ресурс]. – URL: http://docs.cntd.ru/document/1200032026 (дата обращения: 04.07.2018).

УДК 536.422.1

РАЗРАБОТКА ЭКОЛОГИЧНОЙ И ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ СУБЛИМАЦИОННОЙ СУШИЛКИ ДЛЯ ЖИДКИХ ДИСПЕРГИРУЕМЫХ ПРОДУКТОВ

Емельянов А.Б., Пугачева И.Н., Кононов Н.Р., Мягков А.А.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», Воронеж, e-mail: post@vsuet.ru

На сегодняшний день особенно важно совершенствовать конструкции машин и аппаратов, применяемых в химической и пищевой промышленности, для создания высококачественных продуктов, при этом расходуя то же количество ресурсов на их производство что и аналоги. В результате повышения биологической и химической ценности продуктов питания, фармацевтических препаратов и химической продукции возрастет уровень здоровья населения, их употребляющего и использующего. Относительно жидкообразных продуктов процесс сушки проводится, как правило, в распылительных сушилках. В этом есть определенные негативные стороны. Несмотря на то, что процесс удаления влаги в распылительных сушилках происходит очень быстро и на выходе получается продукт с большой процентной долей содержания сухих веществ, во время интенсивной тепловой обработки горячим теплоносителем высушиваемый продукт теряет большую часть своих биологически и химически полезных свойств. Так как эти продукты часто используются человеком, важно сделать их качественными и полезными. Этого можно добиться, обезвоживая их в сублимационных сушилках. Сложность этого заключается в том, что подобный способ сушки энергозатратный, а значит, с его помощью следует обрабатывать только наиболее биологически активные вещества. Несмотря на то, что данный подход экономически рациональный, он не достаточно эффективен, когда речь идет о продуктах питания и фармацевтических препаратах, все из которых должны быть максимально полезны для здоровья человека. Для решения этой проблемы предлагается барабанная сублимационная сушилка для жидких диспергируемых продуктов. Преимуществом данного аппарата по сравнению с аналогами является то, что предложенная конструкция позволяет значительно сократить время сублимационной сушки, уменьшить затраты электроэнергии, повысить энергоэффективность, а также получить на выходе высококачественный продукт.

Ключевые слова: качественный продукт, распылительная сушилка, сублимационная сушилка, комбинация, энергоэффективность

INCREASING ENERGY EFFICIENCY AND REDUCING THE THERMAL POLLUTION OF THE ATMOSPHERE DURING THE DEVELOPMENT OF A FREEZE DRYER FOR LIQUID DISPERSIBLE PRODUCTS

Emelyanov A.B., Pugacheva I.N., Kononov N.P., Myagkov A.A.

Federal state budgetary educational institution of higher education Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh, e-mail: post@vsuet.ru

To date, it is especially important to improve the design of machines and apparatus used in the food and chemical industry, so that they create high-quality products, while spending the same amount of resources for their production as analogues. As a result of increasing the biological and chemical value of food, pharmaceuticals and chemical products, the level of health of the population consuming and using them will increase. Regarding liquid products, the drying process is usually carried out in spray dryers. There are certain negative aspects to this. Despite the fact that the process of moisture removal in the spray dryer is very fast and the output is a product with a large percentage of the solids content, during intense heat treatment by hot coolant of the dried product loses much of its biologically and chemically useful properties. Since these products are often used by the person it is important to make them high quality and useful. This can be achieved by dehydrating them in sublimation dryers. The complexity of this is that such a method of drying energy-consuming, and therefore with its help should be processed only the most biologically active substances. Despite the fact that this approach is economically rational, it is not effective enough when it comes to food and pharmaceutical products, all of which should be as useful for human health. To solve this problem, we propose a drum freeze-dryer for liquid dispersion products. The advantage of this represented model of machine in comparison with analogues is, that the offered construction provides a great opportunity to shorten the time of sublimation, improve energy efficiency drying, reduce power consumption, and get a high-quality product at the outlet.

Keywords: energy efficiency, quality product, spray dryer, sublimation dryer, combination

На сегодняшний день особенно важно совершенствовать конструкции машин и аппаратов, применяемых в химической и пищевой промышленности, для создания высококачественных продуктов, при этом расходуя то же количество ресурсов на их производство, что и аналоги. Повышение энергоэффективности процесса и, следовательно, снижение теплового загрязнения атмосферы является основной целью современной промышленности. В результате повышения биологической и химической ценности продуктов питания, фармацевтических препаратов и химической продукции возрастет уровень здоровья населения, их употребляющего и использующего. Благодаря этому данные исследования можно считать актуальными.

В пищевой и химической промышленности нередко приходится сушить разнообразные продукта. Это вызвано тем, что высушенные вещества имеют ряд полезных свойств, таких как меньшая подверженность порче, простота в упаковывании и транспортировке, сохранение, при определенных режимах и способах сушки, своих вкусовых и биологических качеств. Эти особенности позволяют изготовить изделие, способное храниться на протяжении относительно долгого промежутка времени, будучи максимально компактным, и сохранять качества изначального продукта [1].

Большая часть готовых продуктов, в процессе их изготовления, на стадии обработки полуфабрикатов имеют жидкую или пастообразную структуру. Изменение их агрегатного состояния происходит благодаря обезвоживанию этих веществ. Относительно жидкообразных продуктов процесс сушки проводится, как правило, в распылительных сушилках. В этом есть определенные негативные стороны. Несмотря на то, что процесс удаления влаги в распылительных сушилках происходит очень быстро и на выходе получается продукт с большой процентной долей содержания сухих веществ, во время интенсивной тепловой обработки горячим теплоносителем высушиваемый продукт теряет большую часть своих биологически и химически полезных свойств [2].

Примером жидких веществ, высушиваемых в распылительных сушилках, являются: молоко, различные экстракты, кровь животных и многое другой. Так как эти продукты часто используются человеком, важно сделать их качественными и полезными. Этого можно добиться, обезвоживая их в сублимационных сушилках.

В самом начале сублимационная сушка возникла и развивалась в теоретическом и конструкционном направлениях для обезвоживания пищевых и биологически ценных материалов. Первые шаги в исследовании сублимации как способа сушки относятся к концу XIX – началу XX вв. (Р. Альтман, 1890, Л.Ф. Шейкл, 1909, Б.В. Хамер и др.). Так как в этот период времени вакуумная техника пребывала на низком уровне развития, то сублимационная сушка не приобрела большой популярности. Первое свое значимое техническое применение вакуум-сублимационная сушка нашла во время Второй мировой войны. Это произошло из-за того, что появилась необходимость консервирования материалов биологического происхождения.

В данный момент технологии изготовления пищевых продуктов с применением сублимационного метода обезвоживания быстро развиваются во многих странах. Большое количество разнообразного сырья животного и растительного происхождения обезвоживается на сублимационных сушилках. Различные компании, расположенные в Англии, Дании, США, Германии, Франции, Японии, Голландии и Чехии, а также и во многих других странах организуют производство оборудования и изготовление продукции в масштабах массового потребления. Примером этого может служить США, где этим способом ежегодно перерабатывается более 100 тыс. т сырья органического происхождения.

Успехи промышленного развития способа вакуум-сублимационного обезвоживания получены на основе результатов продолжительной исследовательской деятельности российских и зарубежных ученых. При осуществлении сублимационной сушки влажного материала важно обеспечить подвод энергии к продукту в количестве, необходимом для замещения энергии, забираемой у материала сублимируемым льдом и в том числе для нагрева водяных паров подлежащих удалению. Из-за углубления фазовой зоны в толщу высушиваемого продукта появляется обезвоженная область, оказывающая сопротивление пару, покидающему внутренние слои материала и проникновению энергии в зону сублимации.

С целью достижения равновесия в этих процессах важно обеспечить соблюдение равенства

$$q = jL,$$

где q – количество энергии, идущей на сублимацию, Вт/м^2; j – количество удаляемых водяных паров, кг/м^2×с; L – скрытая теплота сублимации, Дж/кг.

Процесс вакуум-сублимационной сушки условно делится на три этапа: замораживание и стабилизация процесса обезвоживания; сушка с постоянной скоростью; сушка с убывающей скоростью.

Первый период сушки характеризуется формированием зоны сублимации, под конец которого температура поверхностного слоя продукта и его замороженной области соответствует давлению водяных паров в сублиматоре.

На этапе постоянной скорости сушки наблюдается сохранение неизменной температуры замороженного продукта и проявление ярко выраженной зоны сублимации. Во втором периоде, по большей части, испаряется замороженная влага, происходит углубление зоны сублимации в направлении центральной части продукта, фазовый переход воды происходит при статичной температуре.

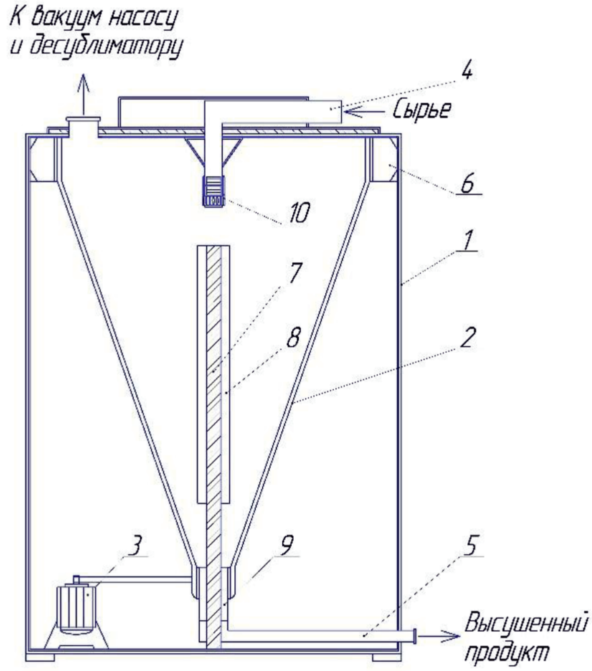


Рис. 1. Сублимационная сушилка для жидких диспергируемых продуктов:
1 – корпус; 2 – конический барабан; 3 – электродвигатель; 4 – загрузочный трубопровод;
5 – механическая самоочищающаяся форсунка; 6 – держатели; 7 – стойка;
8 – ИК-излучатели; 9 – клапан; 10 – разгрузочный трубопровод

В последнем периоде испаряется незамороженная влага по всему объему продукта. По завершению процесса сушки температура материала поднимается вплоть до температуры окружающей среды.

Сейчас, на практике, энергия подводится в зону сублимации посредством кондуктивных и радиационных источников. Минусом кондуктивных источников тепла является то, что в зону сублимации энергия подводится через непосредственный контакт высушиваемого продукта с нагревателем, что вызывает рост термического сопротивления осушенной зоны на протяжении всего процесса обезвоживания материала.

Значительно большее распространение получили радиационные источники тепла, так как они обеспечивают поглощение энергии не только на поверхности, но и в толще продукта [3].

Результаты исследования и их обсуждение

Недостаток сублимационной сушки заключается в том, что подобный способ энергозатратный, а значит, с его помощью следует обрабатывать только наиболее биологически ценные вещества. Несмотря на то, что данный подход экономически рациональный, он не достаточно эффективен, когда речь идет о продуктах питания и фармацевтических препаратах, все из которых должны быть максимально полезны для здоровья человека [4, 5]. Для решения этой проблемы была предложена комбинированная распылительная сублимационная сушилка [6]. В процессе ее технической модернизации получили барабанную сублимационную сушилку для жидких диспергируемых продуктов (рис. 1).

Аппарат состоит из корпуса 1, внутри которого вертикально установлен конический барабан 2, закрепленный в держателях 6. Электродвигатель 3 и цепная передача позволяют вращать барабан. Продукт подается через трубопровод 4 и распыляется механической самоочищающейся форсункой 10 (рис. 2) в рабочее пространство сублимационной камеры. Для обеспечения надежной и безотказной работы форсунки 10, она снабжается скребковым самоочистителем 11, который вращается посредством его зубчатого соединения с лопастями 12. Чем сильнее напор в подающем сырье трубопровода, тем быстрее вращаются лопасти 12, а значит, быстрее будет вращаться скребковый самоочиститель. Это обеспечит непрерывную работу механической форсунки во время работы аппарата. После поступления мелкодисперсных частиц в сублимационную камеру происходит моментальный процесс их самозаморозки, после чего частички попадают на вращающийся барабан 2 [7]. Чтобы замедлить скатывание частиц по барабану, его вращают для придания частицам центробежной силы. Скорость вращения подбирается такой, чтобы время пребывания продукта в сублимационной камере соответствовало требуемому значению. Вдоль центральной оси барабана установлена стойка 7, на которой закреплены ИК-излучатели, сообщающие высушиваемому продукту энергию. В конце пути высушенные частицы удаляются из аппарата посредством клапана 9 и по трубопроводу 5 идут на дальнейшую технологическую обработку.

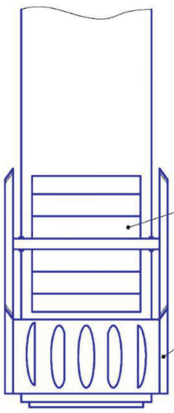


Рис. 2. Механическая самоочищающаяся форсунка: 11 – скребковый самоочиститель; 12 – лопасти

В доказательство эффективности предложенного аппарата вычислим время сушки распыляемого продукта, а также угловую скорость вращения барабана, зависящую от времени сушки [8, 9]. За высушиваемое вещество примем кровь, диаметр частиц которой, распыляемых форсункой, равен $d_ч = 10^{-5}$ м.

Каждая частица скатывается по барабану как по наклонному желобу, но ее затормаживает центробежная сила, создаваемая за счет вращения барабана. Примем, что наклон конуса барабана 60 градусов к горизонту. На рис. 3 показана схема сил, действующих на частицу.

Направим ось X вдоль плоскости барабана, тогда центробежная сила будет направлена в противоположную сторону, а сила тяжести вниз, под углом 30 градусов к плоскости барабана. Равнодействующая двух сил F показана на рис. 3. Составим баланс сил:

$$ma = mg\cos(30) - mw^2R,$$

где w – угловая скорость вращения барабана с$^{-1}$;
R – средний диаметр барабана, R = 2 м.

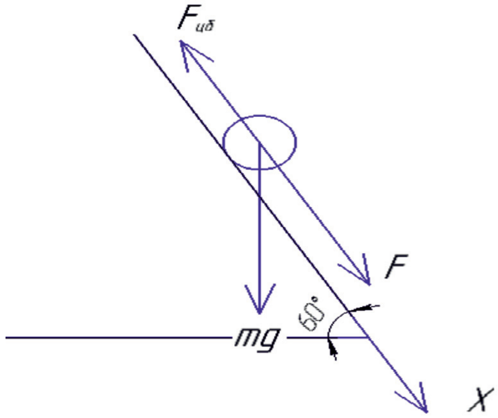


Рис. 3. Схема сил, действующих на частицу

Сократим в правой и левой части уравнения массу:

$$a = g\cos(30) - w^2R.$$

В полученном уравнении неизвестно ни ускорение с которым движется частица, ни угловая скорость вращения барабана. Чтобы решить это равенство, подсчитаем время, необходимое на сушку частицы.

Толщина влажного поверхностного слоя:

$$h_1 = \frac{\lambda_к \cdot (t_{доп} - t_з)}{\rho_1} = \frac{0{,}0415 \cdot (35+15)}{3550} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ м},$$

где $\lambda_к$ – значение эффективной теплопроводности материала, для крови равно 0,0415 $\frac{Вт}{м \cdot К}$;
$t_{доп}$ – максимальная допустимая температура поверхности продукта, $t_{доп}$ = 35С;
$t_з$ – температура сублимации замороженного тела, $t_з$ = –15С;
ρ_1 – плотность теплового потока, подводимого к частице, ρ_1 = 3550 Вт/м^2.

Так как влажный поверхностный слой охватывает весь объем частицы, то в расчетах будем использовать ее диаметр.

Как известно, время сублимационной сушки состоит из трех периодов.

Время сушки первого периода:

$$\tau_1 = \frac{\rho_0 \cdot h_1 \cdot r_c \cdot \left(u_н - u_{кр} + k \cdot \left(u_{кр} - u_к\right)\right)}{\rho_1},$$

$$\tau_1 = \frac{450 \cdot 10^{-5} \cdot 2869,2 \cdot 10^3 \cdot \left(7 - 0,438 + 1,1 \cdot \left(0,438 - 0,03\right)\right)}{3550} = 25c,$$

где ρ_0 – плотность абсолютно сухого продукта, ρ_0 = 450 кг/м^3;
$r_с$ – удельная теплота сублимации, принимаем 2857,5 кДж/кг;
$u_н$, $u_{кр}$, $u_к$ – начальное, критическое и конечное влагосодержание поверхностного слоя частицы кг/кг;
k – коэффициент, учитывающий увеличение энергии связи влаги с материалом, k = 1,1.

Время сушки второго периода:

$$\tau_2 = \frac{\rho_0 \cdot r_с \cdot \left(\left(u_н - u_{кр}\right)\left(h_1^2 - d_ч^2\right)\right)}{2\lambda_к \left(t_{доп} - t_з\right)},$$

$$\tau_2 = \frac{450 \cdot 2869,2 \cdot 10^3 \cdot (7 - 0,438)\left(\left(5 \cdot 10^{-4}\right)^2 - \left(10^{-5}\right)^2\right)}{2 \cdot 4,15 \cdot 10^{-2} \cdot 50} = 510c.$$

Время сушки третьего периода:

$$\tau_3 = \frac{\rho_0 \cdot r_с \cdot k \cdot \left(u_{кр} - u_к\right)}{2\lambda_к \left(t_{доп} - t_з\right)} \cdot (1 + Rb_3) \cdot (h_1 - d_ч) h_1,$$

$$\tau_3 = \frac{450 \cdot 2869,2 \cdot 10^3 \cdot 1,1 \cdot \left(0,438 - 0,03\right)}{4,15 \cdot 10^{-2} \cdot 50} \cdot \left(1 + 0,16\right) \cdot \left(5 \cdot 10^{-4} - 10^{-5}\right) \cdot 5 \cdot 10^{-4} = 79c.$$

где Rb_3 – число Ребиндера для третьего периода, Rb_3 = 0,16.

Получили, что время, необходимое на сушку частицы продукта, 614 секунды. Именно столько времени частица должна скатываться по барабану, чтобы достигнуть требуемого влагосодержания. Зная время, начальную скорость движения частицы U_0 = 0 и пройдённый путь S = 8 м, определим ускорение движения частицы:

$$S = U_0 \cdot t + \frac{a \cdot t^2}{2},$$

$$a = \frac{2 \cdot S}{t^2} = \frac{2 \cdot 8}{614^2} = 42 \cdot 10^{-6}\ \frac{м}{с^2}.$$

Теперь вычисляем угловую скорость вращения барабана:

$$w = \sqrt{\frac{g \cdot \cos(30) - a}{R}} =$$

$$= \sqrt{\frac{9,8 \cdot \cos(30) - 42 \cdot 10^{-6}}{2}} = 2c^{-1}.$$

Заключение

Угловая скорость приблизительно соответствует двум третям полуоборота тарелки за секунду. Соответственно, сублимационная сушилка способна удалять влагу из мелкодисперсной частицы пищевых продуктов (в данном случае крови) и химических веществ диаметром 0,00001 м за 10,23 минуты. Так же данный аппарат может быть настроен на сушку веществ с другими исходными параметрами.

Таким образом, предложенная конструкция позволяет значительно сократить время сублимационной сушки, уменьшить затраты электроэнергии, следовательно, повысить энергоэффективность и снизить тепловое загрязнение атмосферы, а также получить на выходе высококачественный продукт, благодаря этому данную сушилку можно признать рентабельной для внедрения на соответствующие предприятия [10].

Список литературы

1. Емельянов А.Б., Кононов Н.Р., Юсупов С., Мягков А.А. К вопросу развития исследований ресурсо- и энергосберегающих процессов в химической и смежных отраслях промышленности // Вестник ВГУИТ. – 2017. – Т. 79, № 3. – С. 148–153.

2. Шахов С.В. Процессы интенсификации распылительной сушки пищевых продуктов / С.В. Шахов, Н.Р. Кононов // Молодежь в науке: новые аргументы: сборник научных работ V-го Международного молодежного конкурса. – 2016. – С. 31–33.

3. Белоззерцев А.С. Разработка способа сублимационной сушки в поле СВЧ продукта на основе форменных элементов крови убойных животных: дис. … канд. техн. наук. – Воронеж, 2014. – 168 с.

4. Игнатов В.Е., Шахов С.В. Повышение качества сухих продуктов в сублимационных сушилках // Экономика. Инновации. Управление качеством. – 2015. – № 1 (10). – С. 256.

5. Тарасова Н.П. Зелёная химия и российская промышленность / Н.П. Тарасова, А.С. Макарова, С.Ю. Вавилов, С.Н. Варламова [и др.] // Вестник Российской академии наук. – 2013. – Т. 83, № 12. – С. 1068–1075.

6. Емельянов А.Б., Мягков А.А., Кононов Н.Р. Повышение энергоэффективности комбинированной распылительной сушильной установки // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2017. – № 5. – С. 100–106.

7. Полюхов Е.В., Шахов С.В., Белозерцев А.С., Попов К.В. Определение криоскопической температуры продукта на основе форменных элементов крови убойных животных // Международный студенческий научный вестник. – 2016. – № 3–2. – С. 278–279.

8. Остриков А.Н., Слюсарев М.И., Желтоухова Е.Ю. Расчет и проектирование сушильных аппаратов. – СПб.: Изд-во «Лань», 2015. – 352 с.

9. Чупраков В.И., Жигулина М.О., Шахов С.В. Математическая модель процесса сушки дисперсных продуктов // Новые задачи технических наук и пути их решения: сборник статей Международной научно-практической конференции. Отв. ред.: Сукиасян А.А. – 2015. – С. 87–88.

10. Логачева Д.А., Падалкин В.Ю. Проблемы финансирования энергосберегающих мероприятий на промышленных предприятиях // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2012. – № 2. – С. 180–183.

УДК 004.77:614.2(470)

СОСТОЯНИЕ И БЛИЖАЙШИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕЛЕМЕДИЦИНСКОЙ СИСТЕМЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Лебедев Г.С., Радзиевский Г.П.

ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский университет), Москва, e-mail: rektorat@sechenov.ru, radzievsky@gmail.com

Принятие федерального закона от 29 июля 2017 г. № 242-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации по вопросам применения информационных технологий в сфере охраны здоровья» создало правовые основы для информатизации сферы здравоохранения. Закон определяет следующие важнейшие направления информатизации здравоохранения: 1. Электронный документооборот в системе здравоохранения. 2. Информационное обеспечение в сфере здравоохранения и Единая государственная информационная система в сфере здравоохранения (ЕГИСЗ). 3. Оказание медицинской помощи с применением телемедицинских технологий. Таким образом, в сочетании с достигнутыми к настоящему времени результатами создания Единой государственной информационной системы здравоохранения (ЕГИСЗ) создаются реальные предпосылки для развития и внедрения телемедицинских технологий в масштабах страны. «Концепцией создания единой государственной информационной системы в сфере здравоохранения» (приказ Минздравсоцразвития России от 28.04.2011) в рамках транзакционных систем федерального сегмента ЕГИСЗ предполагается создать «системы, обеспечивающие проведение телемедицинских консультаций и консилиумов, в том числе с использованием мобильных устройств». В данной статье рассматривается вариант создания подсистемы, реализующей существующие и перспективные возможности телемедицинских технологий в интересах повышения возможностей медицинских организаций по оказанию медицинской помощи населению в рамках подсистемы ЕГИСЗ.

Ключевые слова: единая государственная информационная система здравоохранения, телемедицина

THE STATUS AND IMMEDIATE PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF THE TELEMEDICINE SYSTEM OF THE RUSSIAN FEDERATION

Lebedev G.S., Radzievskiy G.P.

Sechenov University, Moscow, e-mail: rektorat@sechenov.ru, radzievsky@gmail.com

The adoption of the Federal law No. 242-FZ of 29 July 2017 «on amendments to certain legislative acts of the Russian Federation on the application of information technologies in the field of health protection» created the legal basis for the Informatization of the health sector. The law defines the following key areas of healthcare Informatization: 1. Electronic document management in the health care system. 2. Information provision in healthcare and the unified state information system in healthcare (EHESS). 3. Provision of medical care using telemedicine technologies. Thus, in combination with the results achieved so far in the creation of the Unified state health information system (EGIS), real prerequisites for the development and implementation of telemedicine technologies in the country are being created. «The concept of creating a unified state information system in healthcare» (order of the Ministry of Russia dated 28.04.2011) within a transactional system Federal segment EGISS is expected to create «a system ensuring the holding of telemedical consultations and consultation, including with the use of mobile devices.» In this article we consider a variant of the subsystem that implements the existing and potential capabilities of telemedicine technologies to enhance the capacity of health organizations to provide medical care to the population within the subsystem, EGISS.

Keywords: integratedstate health information system, telemedicine

Разработка принципов создания и отдельных элементов ЕГИСЗ велась в течение продолжительного времени [1–3]. Однако лишь в связи с развитием инфраструктуры информационных систем в организациях здравоохранения появились возможности её полномасштабного создания в рамках Концепции [4]. В том числе появилась возможность развёртывания телемедицинской системы в масштабах страны. В условиях перехода к трехуровневой системе регионального здравоохранения имеющиеся в региональных сегментах государственной системы здравоохранения возможности не всегда могут обеспечить необходимые доступность и качество специализированной, в том числе высокотехнологичной, медицинской помощи для населения.

Доступ региональных медицинских организаций к получению консультаций высококвалифицированных специалистов и возможностям оказания специализированной, в том числе высокотехнологичной, медицинской помощи затруднен. Особенно это актуально для субъектов Российской Федерации с преобладанием обширных труднодоступных территорий и слаборазвитой транспортной и медицинской инфраструктурой.

Основные компетенции государственной системы здравоохранения в сфере высокотехнологичной медицинской помощи сосредоточены в крупных многопрофильных медицинских центрах федерального подчинения (далее ФГБУ).

Таким образом, одной из основных задач государственной системы здравоохранения является создание механизмов обеспечения беспрепятственного доступа региональных медицинских организаций к компетенциям, сосредоточенным в ФГБУ.

Решение этой задачи возможно только с применением информационно-телекоммуникационных технологий, путём создания специализированной информационной системы, обеспечивающей информационное взаимодействие между ФГБУ и региональными медицинскими организациями в формате телемедицинской подсистемы ЕГИСЗ.

Целью работы является определение:

1. Основных направлений работ по созданию и развитию телемедицинской подсистемы ЕГИСЗ.

2. Функциональной архитектуры телемедицинской подсистемы ЕГИСЗ и требований к её элементам.

Основные направления работ по созданию и развитию телемедицинской подсистемы

Основным назначением телемедицинской подсистемы ЕГИСЗ являются:

1. Оперативное получение региональными медицинскими организациями консультаций в рамках сложных клинических случаев со стороны высококвалифицированных медицинских специалистов ФГБУ.

2. Информационная поддержка врачей региональных медицинских организаций в профессиональных вопросах.

3. Повышение профессионального уровня врачей и среднего медицинского персонала региональных медицинских организаций за счет их непосредственного участия в дистанционной консультации.

4. Дистанционная интерпретация результатов диагностических исследований.

5. Обеспечение возможности получения «второго мнения» по результатам проведенной диагностики со стороны высококвалифицированных медицинских специалистов.

6. Организация процесса трансляции знаний внутри государственной системы здравоохранения.

Кроме того, необходимо обеспечить нормативно-правовое регулирование использования современных телемедицинских технологий при оказании медицинской помощи, в частности введение медицинских услуг, оказываемых в дистанционной форме, в базовую программу системы обязательного медицинского страхования (ОМС).

Принятие изменений в Федеральный закон от 21.11.2011 года № 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» [5] в рамках Федерального закона от 29.08.2017 года № 242-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации по вопросам применения информационных технологий в сфере охраны здоровья» [6], а также разработка и принятие необходимых подзаконных актов по вопросам развития электронного здравоохранения и оказания медицинских услуг с применением телемедицинских технологий закрепило за ЕГИСЗ статус технологической основы системы электронного здравоохранения Российской Федерации, что создает базу практического внедрения телемедицинских технологий в практику.

Исходя из назначения телемедицинской подсистемы ЕГИСЗ, текущей структуры и изменений в нормативно-правовом обеспечении информатизации здравоохранения можно сформулировать основные направления и развития телемедицинской подсистемы ЕГИСЗ:

1. Реализация механизмов юридически значимой аутентификации медицинского персонала и медицинских организаций, осуществляющих дистанционное взаимодействие в рамках телемедицинской подсистемы ЕГИСЗ в интересах оказания медицинской помощи пациенту в формате врачебной консультации.

2. Реализация механизмов юридически значимого оформления результатов дистанционного взаимодействия медицинских специалистов в интересах оказания медицинской помощи пациенту.

3. Реализация механизма интеграции с информационными системами ОМС субъектов РФ в целях обеспечения оплаты проведенных телемедицинских консультаций.

4. Реализация механизма формирования по итогам телемедицинской консультации структурированного электронного медицинского документа (далее СЭМД) и последующей передачи его в систему интегрированной электронной медицинской карты (ИЭМК).

5. Реализация механизмов электронного документооборота в целях передачи сформированного по итогам телемедицинской консультации медицинского заключения во внешние информационные системы.

6. Реализация механизма интеграции с компонентой «Реестр электронных медицинских документов» федерального сегмента ЕГИСЗ.

7. Реализация механизма интеграции с информационным сервисом Личный кабинет пациента «Мое здоровье» на Едином портале государственных услуг.

8. Реализация механизма интеграции с системой аккредитации медицинских учреждений.

9. Реализация механизма интеграции с системой непрерывного медицинского образования.

10. Реализация механизма интеграции с информационными системами медучреждений.

11. Последовательное подключение к телемедицинской подсистеме ЕГИСЗ всех ФГБУ Минздрава РФ.

12. Последовательное подключение к телемедицинской подсистеме ЕГИСЗ региональных медицинских организаций.

13. Последовательное подключение к телемедицинской подсистеме ЕГИСЗ медорганизаций субъектов Российской Федерации.

14. Последовательное подключение к телемедицинской подсистеме ЕГИСЗ коммерческих медицинских организаций, оказывающих высокотехнологичную медицинскую помощь.

15. Последовательное подключение к телемедицинской подсистеме ЕГИСЗ медицинских организаций отличной от Минздрава РФ ведомственной подчиненности.

16. Реализация механизмов интеграции с телемедицинскими системами субъектов Российской Федерации.

17. Развитие информационно-телекоммуникационной инфраструктуры телемедицинской подсистемы ЕГИСЗ.

Функциональная архитектура телемедицинской подсистемы

С учетом задач, для решения которых создается телемедицинская подсистема ЕГИСЗ (далее – Система), необходимо предусмотреть технические решения, обеспечивающие интеграцию с региональными телемедицинскими системами, а также с телемедицинскими системами ФГБУ. При создании Системы необходимо учитывать, что по мере развития в Российской Федерации сегмента коммерческой медицины будут реализовываться коммерческие телемедицинские проекты различного назначения. Создаваемые в ходе реализации таких проектов коммерческие телемедицинские системы будут носить межрегиональный характер и отличаться массовостью оказываемых с их помощью медицинских услуг. Поэтому создаваемая Система должна строиться с использованием современных открытых протоколов передачи аудио и видеоинформации, с целью предоставления возможности интеграции с подобными коммерческими телемедицинскими системами.

Функционально Система должна состоять из следующих подсистем:

1. Подсистема управления.

2. Подсистема многоточечной видеоконференцсвязи.

3. Подсистема записи/трансляций видеоконференций.

4. Подсистема хранения данных.

5. Телемедицинская регистратура.

6. Центральный архив медицинских изображений и документов.

Телемедицинский сегмент ФГБУ

Телемедицинский сегмент ФБГУ на перовом этапе создания Системы может состоять из следующих подсистем:

1. Подсистема управления.

2. Телемедицинская регистратура.

3. Рабочие места врачей-консультантов.

По мере развития телемедицинских сегментов ФГБУ будут реализовываться новые проекты, связанные с научными направлениями деятельности ФГБУ и направлением трансляции знаний в рамках государственной системы здравоохранения, одной из составляющих которой является обучение медицинских специалистов.

Некоторые ФГБУ уже имеют свой собственный телемедицинский сегмент, созданный до начала работ по созданию Системы. Система позволяет встроить уже существующие телемедицинские сегменты ФГБУ в выбранную архитектуру.

Кроме того, за консультацией в ФГБУ могут обращаться региональные медицинские организации третьего уровня, не находящиеся в рамках его телемедицинского сегмента.

В этом случае такое взаимодействие может организовываться как взаимодействие между телемедицинским сегментом ФГБУ и региональным телемедицинским сегментом, в рамках которого находится обращающаяся за консультацией медицинская организация третьего уровня.

В качестве зоны в телемедицинском сегменте ФБГУ выступают взаимодействующие с ним медицинские организации третьего уровня, однако организация такого взаимодействия осуществляется с помощью информационно-телекоммуникационной инфраструктуры Системы.

Телемедицинская регистратура ФБГУ является структурной частью телемедицинской регистратуры Системы и помимо планирования и проведения телемедицинской консультации должна предоставлять пользователям функционал для работы с сопроводительными электронными медицинскими документами, включая радиологические изображения из Центрального архива медицинских изображений и документов.

Рабочие места врачей-консультантов в рамках телемедицинского сегмента ФГБУ должны бать оснащены специализированными терминалами видеоконференцсвязи (ВКС). Также необходимо предусмотреть наличие мобильных видеотерминалов ВКС для осуществления трансляции из операционных.

В региональных медицинских организациях третьего уровня, взаимодействующих с ФГБУ, также должно предусматриваться создание телемедицинского кабинета, оснащенного специализированными терминалами ВКС и оборудованием для проведения дистанционных консультаций по предоставленным электронным медицинским документам (радиологическим изображениям, изображениям, полученным со скрининговых сканеров, описаний случаев заболеваний и т.д.).

Региональные телемедицинские системы (РТМС)

В настоящее время в некоторых субъектах Российской Федерации созданы региональные телемедицинские системы (РТМС), которые в зависимости от уровня своей реализации объединяют муниципальные и региональные медицинские организации, сеть фельдшерско-акушерских пунктов (ФАП), крупные региональные медицинские центры, мобильные телемедицинские комплексы.

Также созданы межрегиональные телемедицинские системы (МРТМС), которые объединяют медицинские организации нескольких субъектов Российской Федерации.

РТМС и МРТМС имеют разную техническую реализацию, построены на телекоммуникационном оборудовании разных производителей, однако могут быть интегрированы в рамках единой системы за счет использования открытых протоколов и стандартов передачи данных и, соответственно, могут выступать в качестве региональных сегментов телемедицинской подсистемы ЕГИСЗ.

Требования к телемедицинскому сегменту федеральной электронной регистратуры (ФЭР)

ФЭР федерального сегмента ЕГИСЗ должен быть модернизирован в целях ведения расписания телемедицинских консультаций между ФГБУ Министерства здравоохранения Российской Федерации и региональными медицинскими организациями третьего уровня и создания на его базе телемедицинской регистратуры (далее – подсистема «Телемедицинская регистратура»).

На федеральном уровне введенные расписания телемедицинских консультаций от всех ФГБУ должны быть объединены в рамках единого информационного ресурса, позволяющего выбрать необходимое расписание ФГБУ для записи со стороны региональной медицинской организации третьего уровня, выполнившей запрос на проведение телемедицинской консультации.

Требования к интеграции с подсистемой «Центральный архив медицинских изображений и документов»

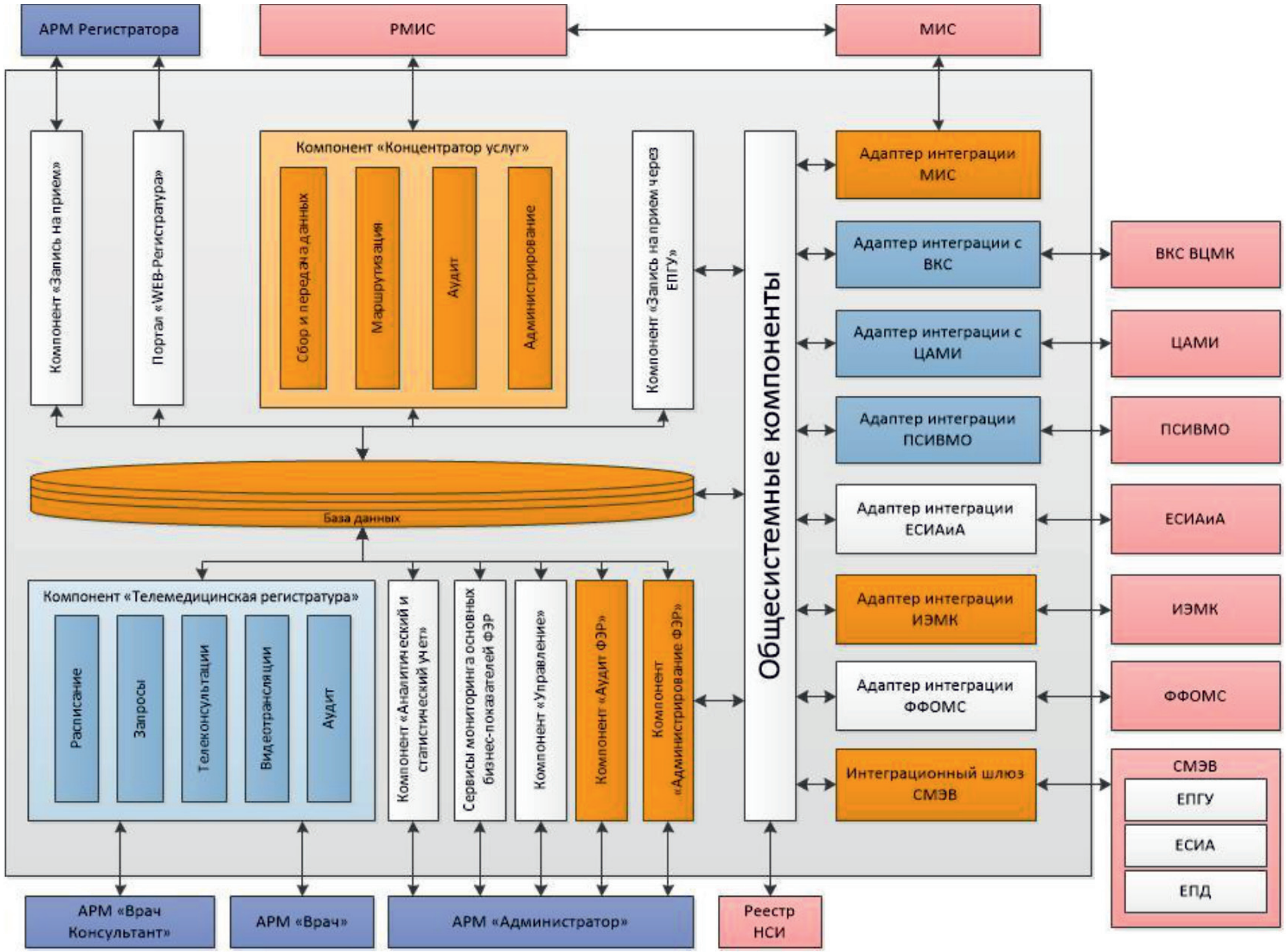
Подсистема «Центральный архив медицинских изображений и документов» предназначена для передачи со стороны региональной медицинской организации третьего уровня, запрашивающей проведение телемедицинской консультации, а также хранения и выдачи по запросу со стороны ФГБУ, проводящего телемедицинскую консультацию, сопроводительных электронных медицинских документов, которые могут представлять из себя результаты диагностических и лабораторных исследований, выписки из истории болезни и прочее, а также для хранения медицинского заключения со стороны ФГБУ в отношении проводимой телемедицинской консультации.

Интеграция с другими подсистемами ЕГИСЗ

В рамках создания Системы должна быть разработана подсистема «Телемедицинская регистратура», состоящая из следующих модулей:

- модуль «Регистратура телемедицинских консультаций» – модуль, который должен обеспечивать доступ консультантов к планированию проведения телемедицинских консультаций, работе с запросами и телемедицинскими консультациями, предоставлять пользователям возможность подать запрос на проведение телемедицинской консультации и принять участие в запланированной ранее телемедицинской консультации;
- модуль «Видеотрансляции» – модуль, который должен обеспечивать медицинской организации, организующей проведение мероприятий в рамках процесса трансляции знаний, возможность запланировать и провести тематические видеотрансляции, проводимые в целях организации процесса обучения специалистов, а медицинским организациям, заинтересованным в получении такой тематической информации, принять участие в видеотрансляции;
- модуль «Аудит» – модуль, который должен обеспечивать протоколирование результатов взаимодействия компоненты «Телемедицинские консультации» и внешних ИС, а также предоставить возможность просмотра этих данных пользователями компонента.

Общая функциональная схема взаимодействия компонента «Телемедицинская регистратура» с компонентами ИЭМК, ФЭР и Реестр НСИ федерального сегмента ЕГИСЗ приведена на рисунке.



Общая функциональная схема взаимодействия компонента «Телемедицинская регистратура» с компонентами ИЭМК, ФЭР и Реестр НСИ федерального сегмента ЕГИСЗ

Выводы

Описываемые в статье основные направления работ по созданию и развитию телемедицинской подсистемы ЕГИСЗ, её функциональной архитектуры и требования к её элементам обеспечивают, по мнению авторов, выполнение требований, определяемых существующими в настоящее время и находящимися в процессе принятия нормативно-правовыми документами и опытом, накопленным в процессе создания и эксплуатации ранее созданных телемедицинских систем.

Список литературы

1. Радзиевский Г.П. Принципы создания единой информационной системы в сфере здравоохранения и социального развития (ЕИС) / Г.П. Радзиевский // Врач и информационные технологии. – 2006. – № 4. – С. 20.

2. Радзиевский Г.П. Архитектура Единой информационной системы в сфере здравоохранения и социального развития / Г.П. Радзиевский // Врач и информационные технологии. – 2007. – № 3. – С. 8–23.

3. Современная концепция построения единой информационной системы здравоохранения / Д.Д. Венедиктов [и др.] // Врач и информационные технологии. – 2008. – № 2. – С. 17–23.

4. Приказ Минздравсоцразвития России от 28 апреля 2011 г. № 364 «Об утверждении концепции создания Единой государственной информационной системы в сфере здравоохранения» // Бюллетень трудового и социального законодательства РФ, № 7, 2011.

5. Федеральный закон от 21.11.2011 № 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» // Российская газета, № 263, 23.11.2011.

6. Федеральный закон от 29.08.2017 года № 242-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты российской федерации по вопросам применения информационных технологий в сфере охраны здоровья» // Российская газета, № 172, 04.08.2017.

УДК 539.4:669

ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ ФИЗИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ ЗОЛОТА И ПОЛОЖЕНИЕМ ЛЕГИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ТАБЛИЦЕ Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА

Леонов В.В., Никифоров А.Г., Ковалева А.А., Эльберг М.С., Черняк М.Ю.

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Красноярск, e-mail: ag_nikiforov@mail.ru

В настоящем исследовании изучали зависимость ряда физических характеристик сплавов на основе золота от положения легирующих элементов в таблице Д.И. Менделеева. На предварительном этапе исследований выявляли зависимость физических свойств от концентрации легирующих металлов в сплаве. Для бинарных сплавов в области твердых растворов эта зависимость носит линейный характер. Поэтому вместо линейных уравнений использовали коэффициенты, входящие в данные уравнения. Исследования показали, что полученные нами коэффициенты зависят от положения легирующих элементов в таблице Д.И. Менделеева. Причем внутри периода для разных групп n закономерности не были выявлены. В то же время, если использовать коэффициенты для фиксированного номера группы, то наблюдалась линейная зависимость между данными коэффициентами и номером периода. Исследования указывают на то, что линейная зависимость наблюдается при изменении главного квантового числа валентных электронов легирующего металла, причем орбитальное квантовое число должно быть одинаковым. Практически у всех металлов 8 группы, которые часто используются в качестве легирующих элементов, валентные электроны находятся на S-подоболочке, исключение составляет палладий, валентные электроны которого находятся на d-подоболочке. Поэтому физические свойства сплавов, легированных палладием, резко отличаются от свойств аналогичных сплавов, легированных другими металлами 8 группы. Выявленные в ходе исследования закономерности позволяют вычислять неизвестные физические параметры металлических сплавов, через аналогичные параметры тех сплавов, физические характеристики которых известны. В статье приведен конкретный пример расчета твердости по Бринеллю для сплава Au–Rb, через величины твердости сплавов Au–Li, Au–Cu, Au–Ag. Все выявленные закономерности справедливы для бинарных металлических сплавов в области твердых растворов. На предлагаемую методику нахождения неизвестных физических параметров не существует ограничений, поэтому ее можно применять для многокомпонентных и многофазных сплавов.

Ключевые слова: сплавы на основе золота, бинарные системы, твердые растворы, физические характеристики

RELATIONSHIP BETWEEN THE PHYSICAL CHARACTERISTICS OF ALLOYS ON THE BASIS OF GOLD AND THE REGULATION OF THE LEGITIMATE ELEMENTS IN THE TABLE D. MENDELEEV

Leonov V.V., Nikiforov A.G., Kovaleva A.A., Elberg M.S., Chernyak M.Yu.

Siberian Federal University, Krasnoyarsk, e-mail: ag_nikiforov@mail.ru

In this study we studied the dependence of a number of physical characteristics of gold-based alloys on the position of alloying elements in the table. Mendeleev University. At the preliminary stage of the studies, the dependence of physical properties on the concentration of alloying metals in the alloy was revealed. For binary alloys in the region of solid solutions, this dependence is linear. Therefore, instead of linear equations, the coefficients included in these equations were used. Studies have shown that the coefficients obtained by us depend on the position of the alloying elements in the table. Mendeleev University. And within the period for different groups, n patterns were not revealed. At the same time, if we use the coefficients for a fixed group number, then there was a linear relationship between these coefficients and the period number. Studies indicate that the linear dependence is observed when the principal quantum number of the valence electrons of the alloying metal changes, and the orbital quantum number should be the same. Practically for all metals of the 8 group, which are often used as alloying elements, the valence electrons are on the S-subshell, except palladium, the valence electrons of which are on the d-subshell. Therefore, the physical properties of alloys doped with palladium differ sharply from those of similar alloys doped with other Group 8 metals. The regularities revealed during the course of the study make it possible to calculate the unknown physical parameters of metal alloys, through analogous parameters of those alloys whose physical characteristics are known. The article gives a concrete example of calculating Brinell hardness for Au-Rb alloy, through hardness values of Au-Li, Au-Cu, Au-Ag alloys. All the observed regularities are valid for binary metallic alloys in the region of solid solutions. There are no restrictions on the proposed method for finding unknown physical parameters, so it can be used for multicomponent and multiphase alloys.

Keywords: gold-based alloys, binary systems, solid solutions, physical characteristics

Развитие современной техники предъявляет все более жесткие требования к современным металлическим сплавам. Подбирая составы для новых металлических сплавов, исследователи изучают физические характеристики, присущие данным сплавам [1–3]. В зависимости от условий эксплуатации, обычно используется один или два физических параметра [4, 5]. В своем исследовании мы решили изучить как можно больше свойств, характеризующих металлические сплавы, и, основываясь на полученных закономерностях, разработать методику, позволяющую прогнозировать изменение физических свойств металлических сплавов при изменении концентрации легирующих элементов или при замене одного легирующего элемента на другой. При таком подходе общая задача разбивается на следующие этапы. Первый – нахождение изменения физических параметров характеризующих металлические сплавы, при изменении концентрации легирующих элементов, и выражение найденных закономерностей в аналитическом виде. Второй – выявление закономерностей, как тот или иной параметр зависит от положения легирующего элемента в периодической системе Д.И. Менделеева.

Необходимо отметить, что, разрабатывая новые сплавы, исследователи вынуждены опираться в основном на экспериментальные данные, ввиду отсутствия теории пригодной для практического использования. Классическая теория, основу которой заложил Френкель, показывает значение теоретической прочности на 2–3 порядка выше, чем реальная прочность [6, 7]. Квантовая теория, в современном ее приложении, является феноменологической [8]. Применяемые в этой теории уравнения включают параметры, значения которых подгоняются под экспериментальные данные [9]. Получается, что они годятся только для данного конкретного случая. При любом изменении, например увеличении концентрации одного из легирующих элементов или примесей [10, 11], входящих в сплав, величины подгоночных параметров изменяются, и их вновь приходится определять из экспериментальных данных.

На данном этапе развития науки большим подспорьем в решении практических задач оказываются диаграммы состояния, которые в свою очередь базируются на экспериментальных данных. Недостатком в использовании этого метода является то, что в основном диаграммы состояния составлены для бинарных сплавов, а на практике используются многокомпонентные сплавы. Учитывая все вышеперечисленные трудности, большинство исследователей подбирает состав сплавов, опираясь на свою интуицию, а не на строгий математический расчет.

Проанализировав состояние современной теории металлических сплавов, мы пришли к выводу, что на данном этапе наиболее рациональной будет разработка такого метода, который позволил бы определять физические характеристики металлических сплавов, опираясь на аналогичные характеристики, присущие сплавам другого состава. То есть мы должны, имея набор физических параметров для ряда однородных сплавов, методом экстраполяции найти эти параметры для сплавов другого состава.

В своем исследовании мы анализировали следующие свойства веществ: твердость по Бринеллю – HB, кг/мм^2, твердость по Виккерсу – H_v, кг/мм^2, микротвердость – H_μ, кг/мм^2, относительное удлинение – δ,%, относительное сужение ψ,%, прочность прочности на растяжение – $\sigma_в$, кг/мм^2, предел текучести – σ_τ, кг/мм^2, модуль нормальной упругости – E, кг/мм^2, удельное электросопротивление – r, мкОм/см, теплопроводность – λ, кал/см·с, электропроводность – ρ, См.

Оказалось, что в области твердых растворов все эти величины меняются линейно с ростом концентрации легирующего элемента [12]. Математически это можно описать следующим уравнением:

$$Y = \alpha + bx, \tag{1}$$

где Y – величина изучаемого свойства, α и b – коэффициенты, x – концентрация легирующего элемента. Коэффициент α показывает величину исследуемого параметра при нулевой концентрации легирующего элемента, а коэффициент b – быстроту изменения данного параметра при изменении концентрации легирующего элемента. Соответственно, при замене одного легирующего элемента на другой изменяется величина b, а коэффициент α остается неизменным. На графике зависимости свойство – концентрация, для различных легирующих элементов, мы получим набор прямых линий, расходящихся под разными углами из одной общей точки.

Использование коэффициента b вместо уравнения (1) позволяет существенно упростить поиск взаимосвязей между различными физическими свойствами сплавов, так как в этом случае мы будем оперировать набором коэффициентов, а не набором уравнений.

Следующим этапом исследований было выявление зависимости коэффициентов b от положения легирующих элементов в таблице Д.И. Менделеева. Обработав большой массив данных, мы обнаружили, что между коэффициентами b_i и номерами групп элементов n (при фиксированном номере периода N) существует взаимосвязь, но она в редких случаях носит линейный характер. В то же время зависимость между коэффициентами b_i и номером периода N, для легирующих элементов, принадлежащих к одной группе n, в большинстве случаев была линейной. Доказательство вышеприведенных утверждений, сделанные для сплавов на основе алюминия. Для дополнительной проверки обнаруженных закономерностей мы выполнили аналогичные исследования металлических сплавов на основе золота.

Материалы и методы исследования

Для выявления искомых закономерностей были обработаны данные по 21 системе на основе золота. Основная масса данных была взята из работ [13, 14]. В случае, когда данные были представлены в графическом виде, измеряли тангенс угла наклона прямой на графике состав – свойство. Тангенс угла наклона соответствует коэффициенту b уравнения (1). Если данные были представлены в виде таблицы, то для вычисления коэффициента b использовался разностный метод. Полученные результаты приведены в работе [15]. Далее находили зависимость коэффициентов b от расположения легирующего элемента в периодической системе Д.И. Менделеева.

Результаты исследования и их обсуждение

Рассмотрим поочередно ряд физических свойств, для сплавов на основе золота. Первая величина – твердость по Бринеллю HB:

$$HB = HB_0 + b_1x, \quad (2)$$

где коэффициент b_1 – тангенс угла наклона касательной, x – концентрация легирующего металла. Графики, показывающие зависимость коэффициентов b_1 от номера периода N, приведены на рис. 1.

Анализируя график (рис. 1), мы видим, что для 1, 3 и 8 групп элементов справедливы линейные уравнения, т.е. уравнения вида

$$b_1 = b_{10} + aN. \quad (3)$$

Выявленные уравнения приведены в табл. 1.

Таблица 1

Уравнения

Номер группы элемента	$b_1 = b_{10}+aN$	Достоверность аппроксимации, R^2
1	$b_1 = 0{,}132\,1N – 0{,}107\,9$	0,992 9
3	$b_1 = 0{,}038\,6N + 0{,}460\,0$	0,938 2
8	$b_1 = 1{,}052\,5N – 2{,}965\,0$	0,758 9

Как видно из приведенных уравнений, наблюдается линейная зависимость между коэффициентами b_1 и номером периода легирующего элемента N, что подтверждается высокой достоверностью аппроксимации. На основании полученных уравнений покажем, как можно рассчитать твердость по Бринеллю HB для неисследованных сплавов на основе золота. Для нахождения коэффициентов, входящих в уравнение (3), использовались данные по металлическим сплавам, содержащим легирующие элементы Li, Cu, Ag (1 группа). Рассчитаем твердость по Бринеллю HB для Rb. Это элемент 5 периода. После подстановки числа 5 в соответствующее уравнение получаем $b_1 = 0{,}552\,6$ кг/(мм^2 вес. %). Далее подставляем полученный результат в уравнение (1). Твердость по Бринеллю чистого золота составляет $HB_0 = (24 \pm 1{,}5)$ кг/мм^2. Подставим полученные числа в уравнение (2):

$$HB = 24 + 0{,}5526c,$$

где c – концентрация Rb в вес. %. Например, для сплава на основе золота, содержащего 5 вес. % рубидия, HB = (26,76 ± 1,5) кг/мм^2. Рассмотренный нами пример показывает, как можно вычислять твердость по Бринеллю ранее неисследованных металлических сплавов.

Далее рассмотрим такую физическую характеристику, как твердость по Виккерсу H_v. Для этой величины справедливо уравнение:

$$H_v = H_{v0}+b_2x, \quad (4)$$

где коэффициент b_2 – тангенс угла наклона касательной.

Значения коэффициентов b_2 для элементов 8 группы приведены в табл. 2.

Таблица 2

Значения коэффициентов b_2

Элемент	Группа	Период	Значение b_2, кг/(мм^2·вес. %)
Ni	8	4	0,3
Rh	8	5	0,21
Pd	8	5	1,78
Pt	8	6	0,68

Приведенные данные показывают, что значения коэффициентов b_2 испытывают большой разброс и, соответственно, не подчиняются линейной закономерности. Достоверность аппроксимации $R^2 = 0{,}07$. Если отбросить значение $b_2 = 1{,}78$ для Pd, считая данное значение выбросом, то мы получим уравнение $b_2 = 0{,}19N – 0{,}5533$ с достоверностью аппроксимации $R^2 = 0{,}58$. Видно, что твердость по Виккерсу H_v испытывает большой разброс значений, поэтому вычислять данную величину для неизученных сплавов нецелесообразно.

Следующая величина, которую мы рассмотрим – это относительное удлинение. Для данной величины были определены коэффициенты b_3, входящие в уравнение (5).

$$\delta = \delta_0 + b_3x, \quad (5)$$

где x – концентрация легирующего металла.

Полученные коэффициенты b_3 сведены в табл. 3.

Таблица 3

Значения коэффициента b_3

Элемент	Группа	Период	Значение b_3,%
Li	1	2	0,21
Cu	1	4	0,28
Ag	1	5	0,32
Si	4	3	0,08
Zr	4	5	0,12
Pb	4	6	0,15
Rh	8	5	0,10
Ru	8	5	0,07
Pd	8	5	0,48
Pt	8	6	0,26

Как видно из табл. 3, коэффициент b_3 для палладия выпадает из общей тенденции. Нарушение линейной закономерности связано с особенностью заполнения электронами энергетических уровней. У всех металлов, относящихся к 8 группе, валентные электроны располагаются на *S* подоболочке. Исключение составляет палладий, валентные электроны которого находятся на *d* подоболочке. А так как за взаимодействие между атомами в основном отвечают валентные электроны, то свойства сплавов, содержащих Pd, резко отличаются от свойств сплавов с другими легирующими элементами.

Зависимость коэффициентов b_3 от номера периода носит линейный характер, что подтверждается высокой достоверностью аппроксимации, приведенной в табл. 4.

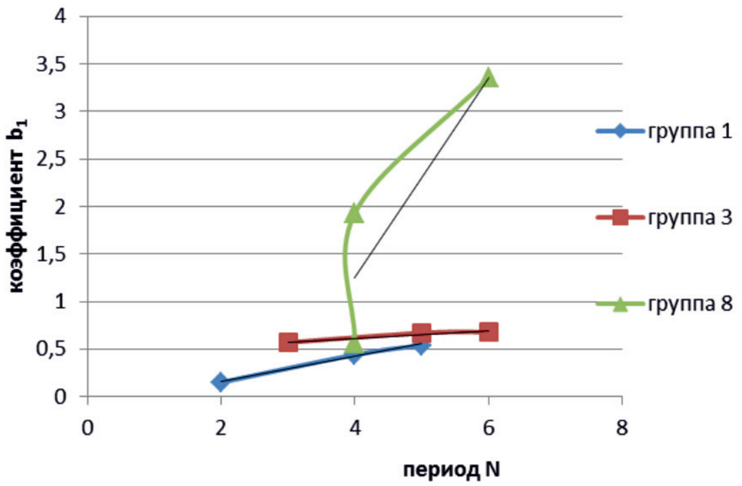


Рис. 1. Зависимость коэффициентов b_1 сплавов на основе золота от номера периода N легирующего элемента

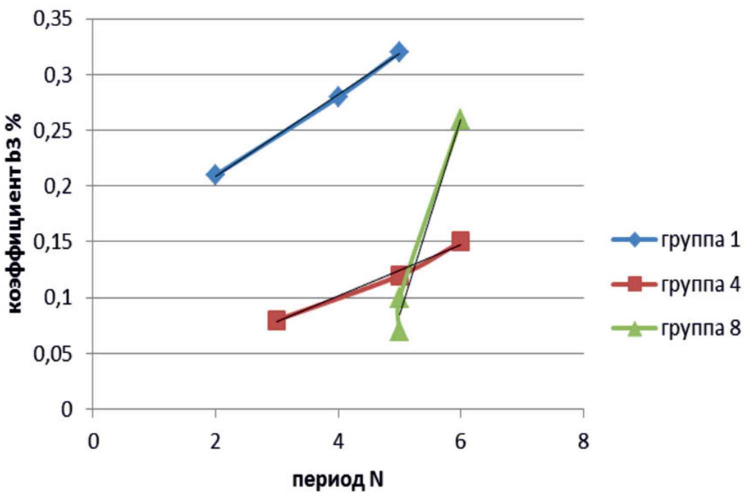


Рис. 2. Зависимость коэффициентов b_3 сплавов на основе золота от периода легирующего элемента для различных групп элементов

Таблица 4

Зависимость коэффициентов b_3 от номера периода N

Номер группы элемента	$b_3 = b_{30} + aN$	Достоверность аппроксимации, R^2
1	$b_3 = 0{,}036\,4N + 0{,}136\,4$	0,998 8
4	$b_3 = 0{,}038\,6N + 0{,}460\,0$	0,988 4
8	$b_3 = 0{,}175\,0N - 0{,}790\,0$	0,978 4

Следующая величина, рассмотренная нами – это предел текучести σ. Для нее в области твердых растворов, также справедливо линейное уравнение

$$\sigma = \sigma_0 + b_4 x, \qquad (6)$$

где x – концентрация легирующего металла, b_4 – тангенс угла наклона.

Таблица 5

Значения коэффициентов b_4 для различных легирующих металлов в сплавах на основе золота

Элемент	Группа	Период	Значение b_4, кг/(мм²вес.%)
Li	1	2	0,35
Cu	1	4	0,42
Ag	1	5	0,46
Si	4	3	0,22
Zr	4	5	0,26
Pb	4	6	0,30
Rh	8	5	0,25
Ru	8	5	0,22
Pd	8	5	0,65
Pt	8	6	0,41

Графики зависимости коэффициентов b_4 от периода N для различных групп элементов приведены на рис. 3.

Как видно из графиков на рис. 3, вновь наблюдается линейная зависимость между коэффициентами b_4 (характеризующими предел текучести) и номером периода N легирующих металлов. Соответствующие уравнения приведены в табл. 6.

Таблица 6

Уравнения

Номер группы элемента	$b_4 = b_{40} + aN$	Достоверность аппроксимации, R^2
1	$b_4 = 0{,}036\,4N + 0{,}136\,4$	0,998 8
4	$b_4 = 0{,}025\,7N + 0{,}140\,0$	0,964 3
8	$b_4 = 0{,}175\,0N - 0{,}640\,0$	0,978 4

Рассмотренные примеры показывают линейную зависимость между номером периода, к которому относится легирующий металл, и коэффициентами b_i (тангенсами угла наклона).

Выводы

1. В ходе работы анализировали влияние 21 легирующего металла на изменения свойств сплавов на основе золота в зависимости от вида легирующих элементов и соответствующего расположения этих элементов в периодической системе Д.И. Менделеева.

2. В данном исследовании был произведен анализ широкого спектра физических характеристик бинарных металлических сплавов на основе золота.

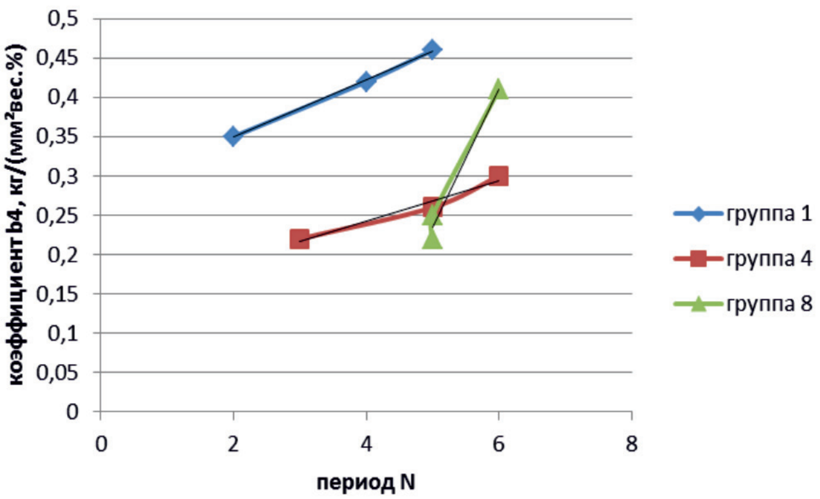


Рис. 3. Зависимость коэффициентов b_4 сплавов на основе золота от периода легирующего элемента для различных групп элементов

3. Выявлено, что все анализируемые параметры в области твердых растворов изменяются линейно с ростом концентрации легирующего металла.

4. Далее нами были проанализированы коэффициенты, входящие в соответствующие линейные уравнения.

5. Исследования показали, что между коэффициентами, входящими в линейные уравнения, и номером периода N существует линейная взаимосвязь, в случае принадлежности легирующих металлов к одной группе.

6. Основываясь на выявленных закономерностях, мы можем теоретически предсказать свойства еще не изученных сплавов, не прибегая к эксперименту, что позволяет экономить материальные и финансовые ресурсы.

7. В статье приведен пример расчета твердости по Бринеллю сплава Au–Rb, с использованием данных по величинам твердости сплавов Au–Li, Au–Cu, Au–Ag.

Список литературы

1. Материаловедение и технология металлов / Г.П. Фетисов, М.Г. Карпман, В.М. Матюнин [и др.] / под ред. Г.П. Фетисова. – 3-е изд. – М.: Высш. шк., 2006. – 862 с.

2. Специальные стали и сплавы / А.А. Ковалева, Е.С. Лопатина, В.И. Аникина, Т.Р. Гильманшина. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2016. – 232 с.

3. Разработка составов ювелирных сплавов системы Pd–Cu–Ag / И.В. Усков, Т.Р. Гильманшина [и др.] // Металлургия машиностроения. – 2017. – № 1. – С. 30–32.

4. Исследование возможности повышения надежности литых крупногабаритных изделий для горного оборудования / Т.Р. Гильманшина, Д.Ю. Крицкий, С.И. Тюрин [и др.] // Интернет-журнал «Науковедение». – 2017. – Т. 9, № 2. – С. 105.

5. Ковалевская Ж.Г. Основы материаловедения. Конструкционные материалы / Ж.Г. Ковалевская, В.П. Безбородов – Томск: Изд-во Томского политехнического ун-та, 2009. – 110 с.

6. Френкель Я.И. Введение в теорию металлов / Я.И. Френкель. – 4-е изд. – Л.: Наука, 1972. – 424 с.

7. Замараев В.Н. Методы оценки некоторых физических характеристик расплавов с сильным взаимодействием компонентов // В.Н. Замараев [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.kampi.ru/scitech/base/nomer14/index.php?NAME=zamaraev/stat1.html (дата обращения: 17.05.2018).

8. Сигал Д. Полуэмпирические методы расчета электронной структуры / Д. Сигал. – М.: Мир, 1980. – 327 с.

9. Портной К.И. Расчет взаимодействия и стабильности фаз / К.И. Портной, В.И. Богданов, Д.Л. Фукс. – М.: Металлургия, 1981. – 284 с.

10. Влияние легирующих добавок и примесей на свойства сплавов золота [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://dormetal.blogspot.ru/2011/11/blog-post_5089.html (дата обращения: 17.05.2018).

11. Наниева Д.Г. Влияние легирующих компонентов на свойства сплавов золота для ювелирного производства / Д.Г. Наниева, А.О. Нартикоева [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://eduherald.ru/ru/article/view?id=15107 (дата обращения: 17.05.2018).

12. Леонов В.В. Взаимосвязь между физическими характеристиками металлических сплавов / В.В. Леонов, А.Г. Никифоров // Materials of the XI International scientific and practical conference, «Science and civilization». – 2015. – Vol. 24. Construction and architecture. Physics. Technical science. Sheffield. Science and education LTD. – С. 112.

13. Вол А.Е. Строение и свойства двойных металлических систем / А.Е. Вол. т. 1–4. – М.: Машиностроение, 1959. – 62 с.

14. Мутылина Б.Н. Художественное материаловедение. Ювелирные сплавы / И.Н. Мутылина. – Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2005. – 236 с.

15. Леонов В.В. Исследование физических свойств сплавов на основе золота. / А.Г. Никифоров, А.А. Ковалева, М.С. Эльберг // Уральский научный вестник. – 2018. – Vol. 3, № 2. – С. 43–47.

УДК 621.3.07

АНАЛИЗ АППАРАТНЫХ И ПРОГРАММНЫХ РЕШЕНИЙ В ПРОГРАММИРУЕМЫХ ЛОГИЧЕСКИХ КОНТРОЛЛЕРАХ ВЕДУЩИХ МИРОВЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

Матул Г.А., Семёнов А.С.

Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова, Политехнический институт (филиал), Мирный, e-mail: sash-alex@yandex.ru

В статье рассмотрены актуальные решения исполнения аппаратной части программируемых логических контроллеров. Приведено сравнение различных конфигурации модулей программируемых логических контроллеров. Дана оценка реализации конфигурации в продуктах различных производителей. Рассмотрены особенности реализации основных функции в программных пакетах ведущих производителей программируемых логических контроллеров. Программируемые логические контроллеры – это базовые элементы систем промышленной автоматики. На данный момент ведущими производителями программируемых логических контроллеров являются фирмы: Siemens, Schneider Electric, Mitsubishi Electric, Allen Bradley, Omron, ABB и др. Приведены примеры использования одноканального и многоканального интерфейсов программного обеспечения. Описаны три основных наиболее распространённых типа конфигурации аппаратного обеспечения программируемых логических контроллеров: с параллельной шиной, с последовательной шиной и с несколькими шинами одновременно. Для демонстрации различий между производителями в качестве примера рассмотрено обращение к модулям ввода-вывода. Отмечается, что формат представления данных в различных средах разработки отличается друг от друга весьма существенно. В рамках анализа даны рекомендации по выбору программируемых логических контроллеров в различных сценариях применения, с максимальной экономической эффективностью и соразмерности решаемой задачи с функционалом конфигурации модулей программируемого логического контроллера.

Ключевые слова: автоматизация технологического процесса, программируемый логический контроллер, среда разработки, устройства ввода-вывода, программное обеспечение, интерфейс, шина

ANALYSIS OF HARDWARE AND SOFTWARE SOLUTIONS IN PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLERS OF LEADING WORLD MANUFACTURERS

Matul G.A., Semenov A.S.

North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov, Polytechnic Institute (branch), Mirny, e-mail: sash-alex@yandex.ru

The article considers actual solutions for hardware execution of programmable logic controllers. Compares various configurations of programmable logic controllers. Estimates the implementation of the configuration in products of different manufacturers. Features of the implementation of the main functions in the software packages of the leading manufacturers of programmable logic controllers are considered. Programmable logic controllers are the basic elements of industrial automation systems. At the moment the leading manufacturers of programmable logic controllers are the companies: Siemens, Schneider Electric, Mitsubishi Electric, Allen Bradley, Omron, ABB and others. Examples of the use of single-channel and multichannel interfaces of the software. Three main most common types of hardware configuration of programmable logic controllers are described: parallel bus, serial bus and multiple buses at the same time. To demonstrate the differences between manufacturers, reference to input/output modules is considered as an example. It is noted that the format of data presentation in different development environments differs significantly from each other. Within the framework of the analysis, recommendations are given for the selection of programmable logic controllers in various application scenarios, with the maximum economic efficiency and the proportionality of the solved problem with the functional configuration of the programmable logic controller modules.

Keywords: process automation, programmable logic controller, development environment, input/output devices, software, interface, bus

На современном этапе развития техники остро стоит вопрос модернизации предприятий алмазодобывающего профиля с целью повышения эффективности и оптимизации работы промышленного оборудования и основных технологических процессов, в том числе снижения энергопотребления. Инструментом этого может служить комплексная автоматизация и оптимизация производства, организация сквозного обмена данными и отчетности в рамках корпоративной информационной сети производственных подразделений предприятия. Именно автоматизация наиболее доступное, а иногда и единственное средство быстрого повышения эффективности производства, снижения себестоимости и повышения качества продукции. На основе компьютерного анализа больших потоков информации в контурах управления и отображения протекающих процессов в виде «виртуальных» мнемосхем, оптимизации управления промышленных объектов предоставляется возможность оперативного переконфигурирования производства и оптимизации технологических процессов и промышленного оборудования в ходе его работы без остановки самого производства [1].

Для возможности повсеместного внедрения автоматизации производственных процессов необходимо на ключевых технологических участках внедрить программируемые логические контроллеры.

Программируемые логические контроллеры (ПЛК) являются базовыми элементами систем промышленной автоматики и представляют собой микропроцессорное устройство, предназначенное для сбора, преобразования, обработки, хранения информации и выработки команд управления, имеющих конечное количество входов и выходов, подключенных к ним датчиков, ключей, исполнительных механизмов к объекту управления, и предназначенные для работы в режимах реального времени [2]. Их выпускают множество производителей и представленные большинством из них различные линейки моделей также обширны, для многих инженеров актуальна проблема выбора наиболее подходящего решения по соотношению таких параметров, как производительность, функционал, стоимость. На данный момент ведущими производителями являются:

– Siemens – среда разработки Simatic Step 7;

– GE (бывш. GE Fanuc) – среда разработки Proficy ME;

– Schneider Electric – среда разработки Concept, Unity Pro;

– Mitsubishi Electric – среда разработки MELSOFT GX Works2;

– Beckhoff – среда разработки TwinCAT;

– Allen Bradley – среда разработки RSLogix 5000;

– ABB – среды разработки нет, использует CoDeSys;

– Omron – среда разработки CX-One;

– Koyo (ПЛК DirectLogic) – среда разработки DirectSOFT;

– ICP DAS – своей среды разработки нет, использует ISaGRAF.

Принцип работы ПЛК несколько отличается от обычных микропроцессорных устройств. Программное обеспечение универсальных контроллеров состоит из двух частей. Первая часть – это системное программное обеспечение. Проводя аналогию с компьютером, можно сказать, что это операционная система, то есть управляет работой узлов контроллера, взаимосвязи составляющих частей, внутренней диагностикой. Системное программное обеспечение ПЛК расположено в постоянной памяти центрального процессора и всегда готово к работе. По включению питания ПЛК готов взять на себя управление системой уже через несколько миллисекунд. ПЛК работают циклически по методу периодического опроса входных данных. Рабочий цикл ПЛК включает 4 фазы: опрос входов, выполнение пользовательской программы, установку значений выходов, некоторые вспомогательные операции (диагностика, подготовка данных для отладчика, визуализации и так далее) [3].

Физически типичный ПЛК представляет собой блок, имеющий определенный набор выходов и входов для подключения датчиков и исполнительных механизмов. Логика управления описывается программно на основе микрокомпьютерного ядра. Абсолютно одинаковые ПЛК могут выполнять совершенно разные функции. Причем для изменения алгоритма работы не требуется каких-либо переделок аппаратной части. Аппаратная реализация входов и выходов ПЛК ориентирована на сопряжение с унифицированными приборами и мало подвержена изменениям [4].

Аппаратное обеспечение программируемых логических контроллеров

Характеристики основных линеек моделей у производителей ПЛК имеют небольшое отличие, поскольку используют общие типы конфигурации модулей [5–6]. Существуют три основных наиболее распространённых типа конфигурации:

1. С параллельной шиной – ПЛК с параллельной шиной, к которой подключаются модули ввода/вывода. Имеет 3 разновидности – шасси, базовую плату и крейт.

1.1. Шасси – каждый модуль оснащен двумя разъемами шины с двух сторон, позволяющими, с одной стороны, подключить его к существующей системе, и с другой – подключить еще один аналогичный модуль. У модуля ЦПУ разъем один. Примеры: VersaMax от GE Fanuc, S7-300 от Siemens, Modicon M340 от Schneider Electric, FX от Mitsubishi Electric.

1.2. Базовая плата – имеется отдельная плата с фиксированным набором посадочных мест для включения модулей, в том числе модулей блока питания и ЦПУ. Например: серия RX3i от GE Fanuc, S7-400 от Siemens, DirectLogic DL405.

1.3. Крейт – разновидность базовой платы, включающей в себя шину данных, направляющие для модулей, блоки питания и CPU. Примеры: RX7i от GE Fanuc, КАМАК, DirectLogic от DL05 до DL205, ICP DAS XP-8000.

2. С последовательной шиной – модули соединяются друг с другом и с модулем ЦПУ, например по RS-485. Это не стандартная реализация ПЛК, используется редко. Пример: ICP DAS 7000 (ADAM 4000).

3. Несколько шин одновременно – одноплатный компьютер с любым набором входов и выходов, программируемый посредством CoDeSys, ISaGRAF или аналогичной среды разработки. Примеры: формат PC-104, промышленный компьютер с платами типа PCI-1756 от Advantech, устройствами в COM-портах.

Более дорогие модели ПЛК проектируются как базовая плата или крейт, необходимо это для максимальной защиты данных.

Программное обеспечение для программирования ПЛК

Всё программное обеспечение для ПЛК работает по одному принципу – создание в целевом ЦПУ исполняемого кода. В большинстве случаев производитель не предоставляет информации о том, какая операционная система используется в модуле процессора ПЛК, но сами модули работают достаточно стабильно.

При необходимости на ПЛК реализуется резервирование, вплоть до троирования, штатными средствами аппаратных средств и среды разработки [7]. Стандарты языков программирования регламентируются IEC 61131-3 и IEC 61499. Функциональной разницы между языками IEC 61131-3 нет. Разница заключается в наглядности логических конструкций. На языках LD и FBD одинаковая логическая конструкция выглядит по-разному, при этом она может быть проще или сложнее для восприятия в зависимости от решаемой задачи. IEC 61499 – стандарт для функциональных блоков ПЛК для поддержки параллельности и событийности выполнений блоков [8–9]. На данный момент используется не столь часто, так как особой необходимости в нем нет для большинства задач.

Функциональная наполненность у всех сред разработки в целом достаточно близка. Везде есть работа с битами, словами, математические операции, логические функции, диагностика, обмен данными, ПИД-регулирование. Соответственно, основные отличия приходятся на интерфейс, наличие симулятора ПЛК, сравнение проектов и возможность разработки модулей на С++.

Интерфейс всех сред разработки можно разделить на два типа:

1. Многооконный (рис. 1), когда одна утилита служит для конфигурации аппаратуры, вторая позволяет работать с переменными, в третьей редактируется открытый блок (Step 7, ISaGRAF, CX-One).

2. Однооконный (рис. 2), с одним исполняемым файлом, поделенный на зоны, в которых отображаются в зависимости от выбранной вкладки – коды, конфигурация аппаратуры и остальные параметры (Proficy ME, CoDeSys, DirectLogic, RSLogix 5000).

Для демонстрации различий между производителями, в качестве примера рассмотрим обращение к модулям ввода вывода (таблица).

Как видно из таблицы, формат представления данных в различных средах разработки отличается весьма существенно [10–11].

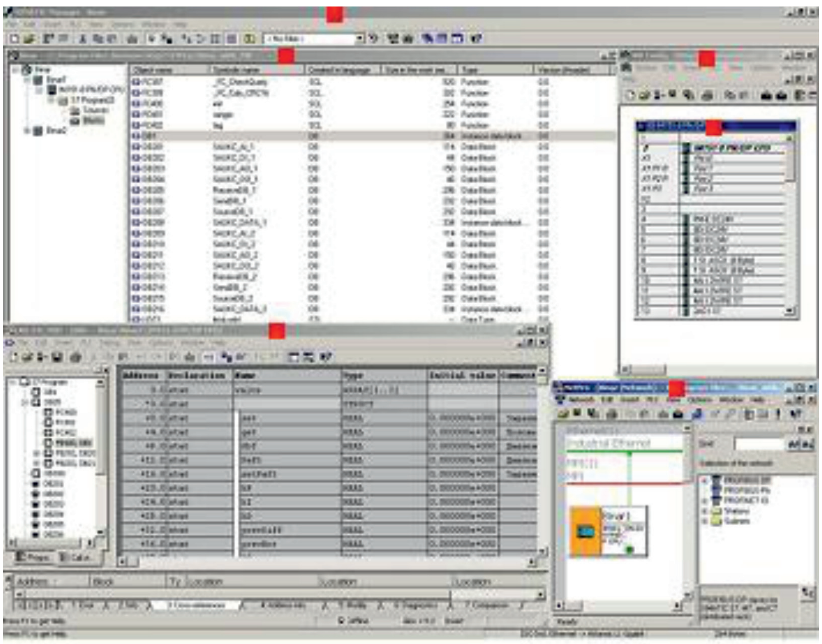


Рис. 1. Пример многооконного интерфейса

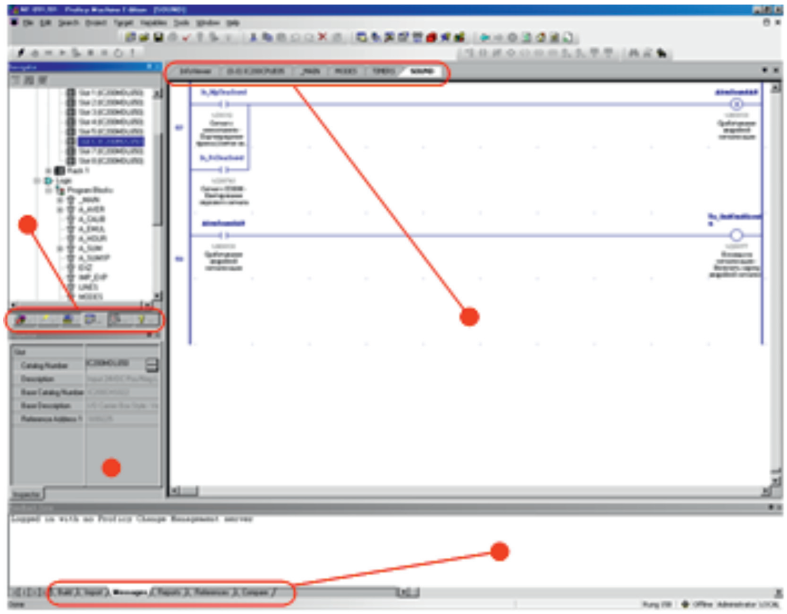


Рис. 2. Пример однооконного интерфейса

Разновидности обращений к модулям ввода-вывода по производителям

Параметр	Siemens (Step 7), CoDeSys, ISaGRAF	GE Fanuc (Proficy)	Koyo (DirectLogic)	Schneider Electric (Concept)	Mitsubishi Electric (MELSOFT GX Works2)	Omron (CX-One)	Allen Bradley (RS Logix 5000)
Дискретный вход	%IX0.1	%I00001	%X1	%100001	%X1	I:0.01	1791_8AC:I.Data.0
Дискретный выход	%QX0.1	%Q00001	%Y1	%000001	%Y1	Q:1.01	1791_8AC:O.Data.0
Аналоговый вход	%IW0.1	%AI0001	%W1	%300001	%U3\G11	I:2000	1756_IF8:I.Ch0 Data
Аналоговый выход	%QW0.1	%AQ0001	%W2	%400001	%U4\G16	Q:2010	1756_IF8:O.Ch0 Data
Память бит	–	%M00001	–	–	–	–	–
Память слов	–	%R00001	–	–	–	–	–

Программа в ПЛК выполняется постоянно в цикле. Соответственно, действие не обязательно завершать в одном цикле программы – можно перенести его в следующий цикл, например, по флагу. Значение отображающихся переменных может меняться. Например, отображается 1, но раз в секунду на один такт ПЛК (несколько миллисекунд) этой переменной присваивается 0. И единственное, чем это изменение можно уловить, это использование какого-либо оператора, срабатывающего при условии переменная = 0.

Анализ применения ПЛК

Для наглядности произведем выбор программируемых логических контроллеров для комплексной автоматизации различных по количеству датчиков и исполнительных устройств объектов.

Для систем от 100 входов/выходов подойдет следующее оборудование:

1. Связка одноплатный компьютер со средой CoDeSys / ISaGRAF или иным аналогом [12].

2. ПЛК с параллельной шиной:

– GE Fanuc – VersaMax, VersaMax Micro.
– Siemens – S7-200
– Allen Bradley – MicroLogix
– Schneider Electric – Modicon M340
– Mitsubishi Electric – FX
– ABB – AC500, AC500 eCO
– Omron – CP1H Koyo
– DirectLogic – DL05, DL06

3. Для разнесенной системы (каждые 20 метров по десятку кнопок) ПЛК с последовательной шиной: можно взять ICP DAS 7000 + ISaGRAF, это позволит получить общую длину системы до 1200 метров.

Для систем от 500 до 2000 входов/выходов:

– GE Fanuc – RX3i
– Siemens – S7-300
– Allen Bradley – SLC 500, CompactLogix
– Schneider Electric – Modicon Premium
– Beckhoff – практически все
– Omron – CJ1M, CJ1G-P, CJ2M, CJ2H
– Koyo DirectLogic – DL205, DL405

Для систем от 2000 входов/выходов и выше [13–15]:

– GE Fanuc – RX7i
– Siemens – S7-400
– Allen Bradley – PLC 5, ControlLogix
– Schneider Electric – Modicon Quantum
– Mitsubishi Electric – System Q
– Omron – CS1G/H, CS1D.

Заключение

В некоторых случаях ставить несколько ПЛК вместо одного целесообразнее с точки зрения объемов логики. Если вся логика, к примеру, на ПИД-регуляторах – даже в случае небольшого количества входных и выходных сигналов имеет смысл либо брать следующую модель, либо подумать о нескольких ПЛК, если код бьется на законченные фрагменты, с минимумом обмена между ними. Градация по числу входов/выходов, разумеется, более плавная, что позволяет подобрать ПЛК максимально точно в соответствии с необходимостью. Таким образом, внедрение программируемых логических контроллеров в рамках комплексной автоматизации предприятий алмазодобывающей отрасли может обеспечить: энергосбережение и энергоэффективность; повышение производительности технологических линий; отслеживание в реальном времени и определение эффективности технологических процессов производства.

Список литературы

1. Матул Г.А. Комплексная автоматизация и оптимизация производства алмазодобывающих предприятий // Молодежь и научно-технический прогресс в современном мире: сборник докладов VI Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (Мирный, 16–17 апреля 2015 г.). – М.: Издательство «Спутник+», 2015. – С. 121–127.

2. Винокуров В.С., Матул Г.А. Программируемые логические контроллеры и их функциональное проектирование // Молодежь и научно-технический прогресс в современном мире: материалы VII Всерос. науч.-практ. конф. (Мирный, 14–16 апреля 2016 г.). – М.: Издательство «Спутник+», 2016. – С. 151–156.

3. Винокуров В.С., Матул Г.А. Программно-логический контроллер на участке скипового подъема // Молодежь и научно-технический прогресс в современном мире: сборник докладов VI Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (Мирный, 16–17 апреля 2015 г.). – М.: Издательство «Спутник+», 2015. – С. 104–106.

4. Гусев И.П. Функциональное проектирование программируемого логического контроллера / И.П. Гусев // Международный научный журнал «Инновационная наука». – 2015. – № 7. – С. 20–25.

5. Бродский В.В. Программируемые логические контроллеры ONI ПЛК S / В.В. Бродский // Автоматизация в промышленности. – 2017. – № 6. – С. 33–35.

6. Валюнин К.К. Программируемые логические контроллеры ОВЕН / К.К. Валюнин // Автоматизация в промышленности. – 2017. – № 6. – С. 43–44.

7. Нежметдинов Р.А. Программно-реализованный логический контроллер – инновационный продукт для автоматизации технологического оборудования / Р.А. Нежметдинов // Инновации. – 2016. – № 8 (214). – С. 99–103.

8. Гайнуллина А.А. Особенности организации передачи данных между программируемыми логическими контроллерами по протоколу MODBUS / А.А. Гайнуллина, А.Д. Байтимиров // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – Т. 16, № 23. – С. 230–234.

9. Рушкин Е.И. Анализ применения протокола MODBUS для управления электроприводом на горных предприятиях / Е.И. Рушкин, А.С. Семёнов, П.В. Саввинов // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 11–12. – С. 2615–2619.

10. Краев С.Л. Идентификация ситуаций функционирования технологических процессов в программируемых логических контроллерах / С.Л. Краев, Ю.П. Кирин // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2013. – № 8. – С. 136–139.

11. Программируемые логические контроллеры в автоматизированных системах управления / И.Г. Минаев [и др.] // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2011. – № 7. – С. 101–102.

12. Гриченко А.В. CODESYS – программный комплекс для программируемых логических контроллеров / А.В. Гриченко // Young Science. – 2014. – № 4. – С. 7–13.

13. Егоров А.Н. Практический опыт применения преобразователей частоты POWER FLEX 7000 в горнодобывающей промышленности / А.Н. Егоров, А.С. Семёнов, О.В. Федоров // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2017. – № 4. – С. 86–93.

14. Матул Г.А. К вопросу о комплексной автоматизации открытых горных работ в алмазодобывающей промышленности / Г.А. Матул, А.С. Семёнов // Естественные и технические науки. – 2016. – № 12 (102). – С. 265–268.

15. Черенков Н.С. Модернизация и оптимизация автоматизированных конвейеров в горной промышленности / Н.С. Черенков, А.С. Семёнов // Международный студенческий научный вестник. – 2015. – № 3–4. – С. 417–419.

УДК 551.46.077

АСПЕКТЫ ТЕХНОЛОГИИ ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БУКСИРУЕМЫХ АППАРАТОВ

[1,2]Римский-Корсаков Н.А., [1]Лискин В.А., [1]Зарецкий А.В.

[1]Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва;

[2]Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Москва, e-mail: nrk@ocean.ru

Придонная область Мирового океана, несмотря на интенсивное изучение, является пробелом в системе наших знаний о процессах, протекающих на больших глубинах в пограничной зоне вода – дно. Состав, строение и динамическая структура придонных процессов определяются сочетанием физических, химических, биологических, геологических и геофизических явлений и требуют комплексного подхода при ее изучении. Самое общее представление обо всем многообразии явлений и процессов в придонной области дает изучение гидрофизических и гидрохимических характеристик в широком диапазоне спектра масштабов пространственно-временной изменчивости. Многообразие процессов и явлений требует постановки широкомасштабных и комплексных исследований с использованием современной измерительной и вычислительной техники, разработки и создания глубоководных средств доставки и установки аппаратуры в придонной зоне и на дне, обладающей высокой надежностью, автономностью и эффективностью. Новые задачи и проблемы придонной океанологии требуют пересмотра сложившейся методики натурных наблюдений с целью удовлетворения условий оптимальности научного эксперимента по заданным вероятностным критериям эффективности исследований. В статье рассмотрены принципы построения технических средств и организации наблюдений с помощью буксируемых носителей аппаратуры, особенности измерения гидрологических параметров в режиме набегающего потока водной среды. Обсуждаются вопросы методики буксировки аппаратов в придонной области при фото- и видеообследовании донной поверхности. Особое внимание уделено выбору режимов работы буксируемых комплексов аппаратуры при исследовании поверхности дна и подводных объектов с помощью гидроакустической аппаратуры, в том числе гидролокаторами бокового обзора.

Ключевые слова: донный пограничный слой, гидрология, рельеф, режимы движения, буксируемый комплекс, гидролокатор, эхолот, профилограф, видеосистема, фотосистема

ASPECTS OF OCEANOLOGY RESEARCH TECHNOLOGY USING TOWED VEHICLES

[1,2]Rimskiy-Korsakov N.A., [1]Liskin V.A., [1]Zaretskiy A.V.

[1]Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Science, Moscow;

[2]Bauman Moscow State Technical University, Moscow, e-mail: nrk@ocean.ru

The bottom area of the World Ocean, despite intensive study, is a gap in our knowledge of the processes taking place at great depths in the water-bottom boundary zone. The composition, structure and dynamic structure of the bottom processes is determined by a combination of physical, chemical, biological, geological and geophysical phenomena and require a comprehensive approach to its study. The variety of processes and phenomena require the setting up of large-scale and complex studies using modern measuring and computing equipment, the development and creation of deep-sea delivery systems and installation of equipment in the bottom zone and on the bottom, which has high reliability, autonomy and efficiency. New problems and problems of bottom oceanology require a revision of the existing method of field observations in order to satisfy the conditions for the optimality of the scientific experiment for given probabilistic criteria of research effectiveness. The principles of organization of observations with the help of towed equipment carriers, the features of measuring hydrological parameters in the regime of the oncoming flow of the aquatic environment are considered in the article. The questions of the towing vehicles technique in the near-bottom area with photo and video survey of the bottom surface are discussed. Particular attention is paid to the choice of operating modes for towed equipment complexes with sonar systems, including side-scan sonar.

Keywords: bottom boundary layer, hydrology, relief, towing modes, towed complex, sonar, echo sounder, profiler, video system, photosystem

Измерения в океане имеют общее свойство – практически все они производятся движущимися приборами. Это движение может быть вызвано тактикой исследования – буксировка или зондирование, либо оно связано с течением или дрейфом. Кроме того, важным преимуществом буксируемых приборов (аппаратов) является возможность оперативного обследования обширных акваторий с одновременным использованием целого комплекса измерительных устройств. Скорость движения буксируемых аппаратов относительно среды может лежать в пределах от единиц до сотен сантиметров в секунду. В условиях сложной структуры распределения гидрологических параметров среды и морфологии рельефа дна по пространству, при движении аппаратов могут возникать ошибки и искажения получаемых изображений поверхности дна и подводных объектов.

В этой связи актуальной проблемой является разработка и исследование основных критериев выбора оптимальной скорости буксировки подводных аппаратов, предназначенных для обследования поверхности дна и придонного пограничного слоя [1], исходя из требований, налагаемых условиями работы всего аппаратурного комплекса, и технических возможностей входящих в него систем.

Цель работы: повышение эффективности, в том числе производительности и безопасности использования подводных буксируемых аппаратов для исследования поверхности дна придонной области акваторий.

Для достижения цели работы необходимо решить круг задач, связанных с исследованием влияния следующих факторов на величину максимально допустимой скорости движения (буксировки) подводных аппаратов:

1) допустимая длина кабель-троса, необходимая для обеспечения буксировки аппарата на заданной глубине;

2) возможность обнаружения поисковыми средствами подводных объектов заданного минимального размера;

3) возможность получения требуемой четкости телевизионного изображения;

4) допустимая частота поступления телевизионной информации к оператору;

5) возможность проведения маршрутной видео(фото)съемки донной поверхности;

6) безопасность буксировки аппарата над пересеченным рельефом.

Решение этих задач позволит получить значения и расчетные соотношения для предельно допустимых скоростей движения при исследовании поверхности дна придонной области акваторий.

Материалы и методы исследования

Для решения перечисленных задач в работе применены методы анализа и синтеза технологий визуальных и дистанционных средств подводных исследований с использованием: положений механики подводных буксируемых систем, основ гидроакустики и оптики, теории представления и обработки видео и гидролокационной информации, а также геоморфологии рельефа океанского дна.

Рассмотрим факторы, определяющие величину скорости буксировки, являющуюся главным методическим аспектом повышения производительности исследований с использованием подводных буксируемых аппаратов.

Допустимая длина кабель-троса. Из-за лобового сопротивления аппарата и кабеля угол отклонения кабеля от вертикали увеличивается с возрастанием скорости буксировки. Поэтому для достижения аппаратом некоторой глубины H_a необходима длина кабеля $L_K > H_a$. При работе на больших глубинах это ограничивает скорость буксировки: во-первых, из-за технических ограничений предельной длины кабелей, изготовляемых на заводах, во-вторых, из-за ухудшения динамики управления аппаратом при больших длинах кабеля.

В Институте океанологии [2, 3] методами численного интегрирования рассчитаны длины кабеля, необходимые для достижения заданных глубин при различных скоростях буксировки. Диаметр кабель-троса был принят равным 24 мм, диапазон расчетных скоростей буксировки – 0,5÷2,0 м/с, диапазон отрицательной плавучести аппарата – 700–1400 кг. Обобщенная расчетная зависимость $L_K/H_a = f(v)$ представлена на рис. 1. Она нелинейная, и крутизна ее резко увеличивается при скоростях, превышающих 0,75 м/с. Из этого следует, что оптимальной с точки зрения минимизации длины кабеля является скорость, не превышающая 0,5–0,75 м/с. При этом требуемая длина кабеля превышает величину заглубления аппарата не более чем на 20 %.

Возможность обнаружения подводных объектов заданного размера с помощью гидроакустических устройств. Одним из основных гидроакустических устройств буксируемых аппаратов являются гидролокаторы бокового обзора (ГБО). Применительно к ним оценим допустимые скорости буксировки носителя ГБО.

Для ГБО различают разрешающую способность по дальности l и – по углу l_1. Разрешающая способность по дальности характеризует минимальное расстояние между двумя точечными объектами по направлению нулевого луча, при котором эти объекты регистрируются раздельно. $l = c\tau/2$, где c – скорость распространения звука в воде, а τ – длительность излучаемого акустического импульса.

Масштаб записи эхо-сигнала в направлении нулевого луча $M_l = L/a$, где L – выбранный диапазон дальности регистратора, сигнала на регистраторе, a – ширина записи эхо-сигнала на регистраторе,

$$L = cT/2, \quad (1)$$

причем T – период следования зондирующих импульсов.

Как следует из определения величины l, эта величина зависит только от длительности акустических посылок и не связана со скоростью движения антенны относительно дна.

Разрешающая способность по углу l_1 является параметром, характеризующим минимальное расстояние между двумя точечными объектами в направлении нормальном нулевому лучу, при котором эти объекты регистрируются раздельно.

Объект продолжает оставаться видимым, если находится в зоне диаграммы направленности ГБО и при этом выполняется соотношение

$$\Phi^2(\alpha) = 0{,}5\Phi^2(\alpha_{0,5}), \quad (2)$$

где $\Phi(\alpha)$ – характеристика направленности антенны, $\alpha_{0,5}$ – половинный угол раскрыва характеристики направленности антенны по уровню половинной мощности акустической посылки.

Из условия (4.4) следует выражение для разрешающей способности по углу

$$l_1 = 2\,L\,\mathrm{tg}\,\alpha_{0,5}. \quad (3)$$

В течение периода акустических посылок (T) буксируемый аппарат проходит расстояние $l = VT$, где V – скорость поступательного движения аппарата.

Считая, что условием надежной регистрации объекта является наличие с ним менее десяти акустических контактов, получим

$$l_1 = 10l_{\,T} = \delta = VT, \quad (4)$$

где δ – линейный размер регистрируемого объекта.

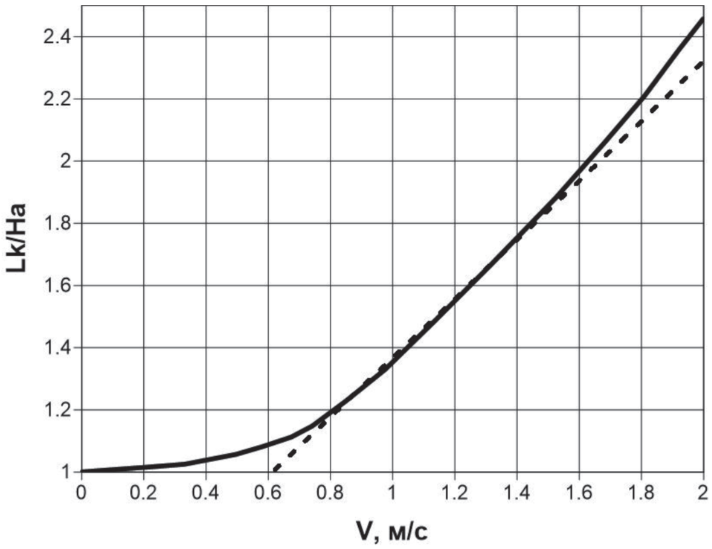


Рис. 1. Зависимость относительной длины буксирной линии от скорости буксировки аппарата

Из (1), (3) и (4) получаем выражение для определения максимально допустимой скорости буксировки:

$$V = \delta\, C / 20\, L. \qquad (5)$$

Из (5) следует, что величина предельной скорости движения аппарата пропорциональна размеру регистрируемого объекта и обратно пропорциональна диапазону дальности ГБО.

При проведении геофизических исследований наиболее широко используются ГБО с $L \approx 600$ м. Расчеты по формуле (5) показывают, что с помощью таких ГБО при скорости буксировки до 1,5 м/с можно регистрировать объекты с минимальными размерами около 12 м, а при скорости 0,5 м/с – 4 м.

Допустимая частота поступления видеоинформации к оператору (влияние скорости буксировки на субъективное восприятие оператора). Управление аппаратом в режиме буксировки при визуальном контакте с дном связано с поступлением к оператору от видеомонитора непрерывно изменяющейся информации [4]. Частота обновления информации зависит от характера рельефа, скорости движения аппарата и горизонта буксировки. При чрезмерно высоких скоростях движения и малых расстояниях аппарата до дна оператор не справляется с потоком видеоинформации, что приводит к ее частичной потере. При малых скоростях движения информация поступает медленнее, чем скорость восприятия оператора, в результате чего непроизводительно затрачивается время, отведенное на буксировку. Для определения оптимальных скоростей буксировки были выполнены натурные исследования [5]. Передающая телевизионная камера, снабженная объективом с фокусным расстоянием 10 мм, была укреплена на тележке, перемещаемой на дне по рельсам. Расстояние камеры до грунта изменялось в диапазоне 0,5–1,1 м, скорость тележки – от 0,1 м/с до 0,7 м/с. В опытах участвовали три оператора, дававшие независимые оценки скорости перемещения изображения дна на экране видеомонитора. Наиболее благоприятным для оператора оказался такой режим движения аппарата, при котором скорость перемещения изображения по матрице передающей камеры составляет $V_Ф = 3$ мм/с. Оптимальные скорости аппарата при движении на расстояниях 15 и 10 м вычисляются из уравнения $V_Ф = V(F/H)$, где F – фокусное расстояние объектива. Например, при объективе с фокусным расстоянием 20 мм значения V соответственно равны 0,15; 0,75; 1,50 м/с.

Возможность проведения маршрутной фотосъемки донной поверхности. Фотосистемы на буксируемых аппаратах могут работать в двух режимах: автоматическом, обеспечивающим непрерывное фотографирование с заданной частотой кадров в секунду (минуту), и целенаправленном под управлением оператора.

Работа фотосистемы в первом режиме целесообразна в тех случаях, когда необходимо получить изображение достаточно протяженного участка рельефа с четкостью большей, чем это обеспечивается видеозаписью. Очевидно, что такой режим работы оправдан, если характер исследуемого участка дна непрерывно изменяется. Работа в этом режиме характеризуется большими потреблениями электроэнергии импульсными источниками света, возрастающими с увеличением частоты съемки, а также требует применения емких накопителей информации (флеш-память, HDD).

Работа системы во втором режиме фотографирования обладает тем преимуществом, что ввиду малого потребления электроэнергии позволяет ограничиваться бортовыми источниками небольшой емкости, либо, при передаче электропитания с судна, существенно упростить систему энергопередачи. Использование фотосистемы в таком режиме целесообразно при фотографировании отдельных небольших (соизмеримых с зоной видимости фотообъектива) наиболее характерных участков дна.

Определим допустимую скорость буксировки, позволяющую в режиме маршрутной съемки выполнять фотографирование донной поверхности с требуемым перекрытием β соседних кадров. При расстоянии аппарата до дна, равном H, ширина участка дна, попадающего в поле зрения фотообъектива, составляет $A = (H / F_Ф)\times h_{ФК}$, где $F_Ф$ – фокусное расстояние объектива и $h_{ФК}$ – высота фотокадра. По определению $(1 - \beta) = (V\times\tau_{ФК}) / H = (F_Ф\times\tau_{ФК}) / (H\times h_{ФК})$, где $\tau_{ФК}$ – период фотосъемки. Тогда искомая величина $V \leq ((1 - \beta)\times H\times h_{ФК}) / (F_Ф\times \tau_{ФК})$.

Эта зависимость приведена на рис. 2 для типичных параметров фотоустановки: $F_Ф = 16$ мм, $h_{ФК} = 18$ мм при условии обеспечения 20 % перекрытия фотокадров.

Если буксируемый аппарат имеет отрицательную плавучесть, а буксировка осуществляется без углубителя, то качка кормы судна (точки схода кабель-троса с буксирного рола) передается на аппарат практически без демпфирования. Поэтому для предохранения аппарата от столкновения с дном необходимо пилотировать его на расстоянии порядка 5–10 м от дна. На рис. 2 представлена расчетная зависимость периода фотосъемки от скорости буксировки на расстоянии до дна 5 м при условии получения 20 % перекрытия соседних кадров.

Обеспечение безопасности буксировки аппарата над пересеченным рельефом. Для обеспечения безопасности буксировки аппараты оснащаются акустическими средствами, позволяющими определять наличие препятствий по курсу [6]. Одним из таких средств является вперед направленный гидролокатор.

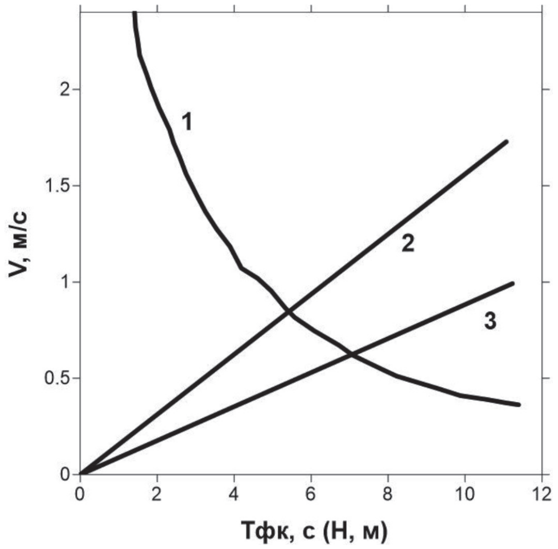


Рис. 2. Зависимость скорости буксировки от требуемого периода фотосъемки при маршрутном фотографировании дна с расстояния 5 м (кривая 1). Зависимость предельно допустимой скорости буксировки от расстояния до дна при периоде фотосъемки, равном: 2–5 с (кривая 2); 3–10 с (кривая 3)

В общем случае траектория движения аппарата может изменяться путем перемены курса и хода судна, либо изменением длины буксирной линии. Первый способ является весьма инерционным. Реакция аппарата, буксируемого на кабель-тросе длиной несколько тысяч метров, запаздывает по отношению к изменению параметров движения судна-буксировщика на время от десятков минут до нескольких часов. Таким образом, данный способ управления малоэффективен, если необходимо оперативно изменить траекторию аппарата с целью обхода препятствия.

Более оперативным (с задержкой в секунды) является управление путем изменения длины буксирной линии. Именно этот способ следует признать наиболее действенным для предотвращения столкновения буксируемого аппарата с препятствием. Определим взаимосвязь скорости буксировки с предельной высотой препятствия $H_П$, которое может преодолеть аппарат. Предполагаем, что аппарат имеет отрицательную плавучесть и равномерно движется в горизонтальной плоскости. Аппарат огибает препятствие, если

$$V_Z\times t_П > H_П,$$

где V_Z – максимальная скорость вертикального перемещения аппарата под действием тянущего усилия лебедки, $t_П$ – время вертикального перемещения аппарата.

Интервал времени $t_З$ от момента фиксации эхолотом препятствия до начала подъема аппарата определяет запаздывание реакции системы «пилот – лебедка – кабель» и составляет

$$t_З = t_{РП} + t_{РС},$$

где $t_{РП}$ – время реакции пилота от момента опознавания препятствия до включения лебедки на подъем аппарата, $t_{РС}$ – время реакции лебедки и кабеля от момента включения лебедки на подъем до начала перемещения аппарата. Результаты натурных испытаний буксируемых комплексов показали, что время запаздывания может изменяться в пределах 7–12 с.

Расстояние Lx, проходимое аппаратом в горизонтальной плоскости за время с момента обнаружения препятствия до момента окончания подъема, составляет

$$Lx = V\times(t_З + t_П). \quad (6)$$

Из (4.13) и (4.14) определяем максимальную скорость буксировки, при которой можно избежать столкновения аппарата с препятствием высотой $H_П$, расположенным на его курсе:

$$V < (Lx\times V_Z) / (V_{Z\times}t_З + H_П),$$

где Lx – требуемая величина дальности действия впереднаправленного эхолота.

На рис. 3 представлена зависимость величины V от величины $H_П/Lx$, при условии, когда максимальная дальность действия эхолота составляет $Lx = 100$ м, а максимальная скорость вращения лебедки обеспечивает намотку кабеля со скоростью $V_Z = 1$ м/с.

Режимы работы буксируемого аппарата при обследовании донной поверхности гидролокаторами бокового обзора. Зоной обзора ГБО назовем участок дна, облучаемый антенной гидролокатора. В процессе буксировки носителя движение последнего может отличаться от прямолинейного и равномерного. Ориентация носителя в пространстве тоже может изменяться. Неравномерность движения и непостоянство ориентации антенны приводят к тому, что на границе зоны обзора могут возникать неопределенности зоны обзора – те участки дна, обзор которых не гарантируется. При обследовании полигона путем буксировки аппарата на параллельных галсах расстояние между галсами следует выбирать из условия, чтобы зоны обзора гидролокатора на соседних галсах перекрывались как раз на величину неопределенности зоны обзора. Ошибка ΔX_H привязки гидроакустических профилей в географической системе координат накладывает требование еще большего перекрытия этих профилей и таким образом косвенно влияет на величину неопределенности зоны обзора ГБО.

Ориентацию антенны гидролокатора относительно дна удобно представить в виде составляющих: ориентации ее относительно вертикальной оси буксируемого необитаемого подводного аппарата (БНПА) и углов колебаний БНПА по крену, рысканию и дифференту.

Расстояние БНПА до дна также удобно представить как сумму величины расстояния при стационарном режиме буксировки (равномерное прямолинейное движение) и величины амплитуды колебаний БА относительно этого уровня [7, 8]. Таким образом, в общем случае на величину реальной зоны видимости ГБО влияют следующие параметры (рис. 4):

– ориентация антенн ГБО на носителе – Q;

– расстояние БНПА до дна – H;

– величина максимальной наклонной дальности ГБО – L м;

– угол раскрыва характеристики направленности антенны ГБО – α;

– колебание БНПА по углам крена, курса и дифферента;

– непостоянство расстояния БНПА до дна – ΔH;

– рефракция звукового луча;

– неопределенность местоположения БНПА – ΔX_H.

Ввиду малости расстояния БНПА до дна можно считать, что звуковые лучи распространяются прямолинейно, то есть явление рефракции пренебрежимо мало.

Очевидным представляется факт преобладающего влияния на величину реальной зоны обзора колебаний носителя по углу крена по сравнению с колебаниями по курсу и дифферента.

При таких предположениях величина реальной зоны обзора ГБО зависит лишь от следующих факторов: ориентации антенн на аппарате, расстояния БНПА до дна, величины максимальной наклонной дальности действия ГБО, ширины диаграммы направленности, колебаний БНПА по углу крена α_K, непостоянства расстояния БНПА до дна, погрешности привязки места носителя к географической системе координат. Последние три фактора назовем возмущающими.

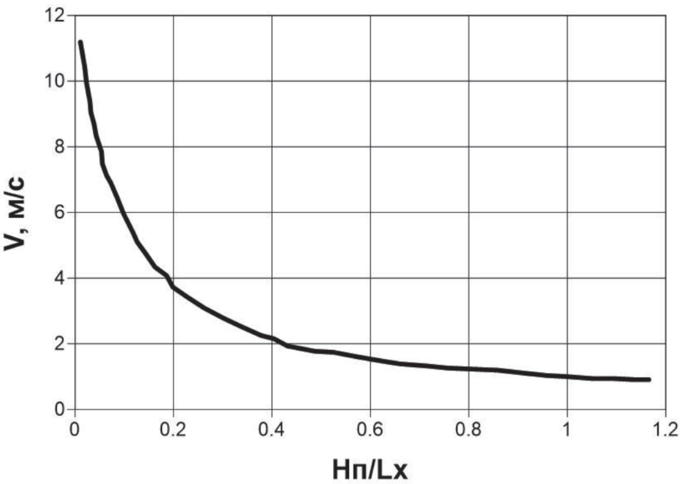


Рис. 3. Зависимость предельно допустимой скорости буксировки от относительной высоты препятствия для условия безопасности пилотирования аппарата

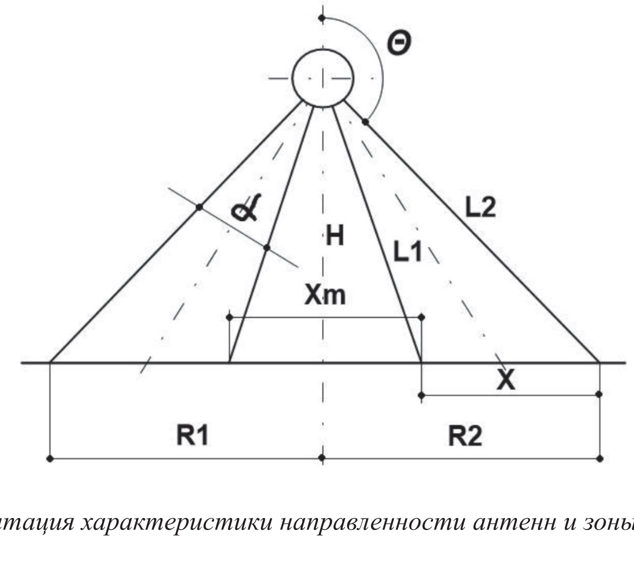


Рис. 4. Ориентация характеристики направленности антенн и зоны обзора ГБО

Поставим перед буксируемой гидроакустической системой задачу полного обследования полигона шириной $A_П$ за наименьшее время. Если допустить, что характеристики ГБО и значения возмущающих факторов заданы, то остаются два фактора, меняя которые мы можем влиять на величину реальной зоны видимости системы – ориентация антенн на носителе (Q) и расстояние БНПА до дна (H). Таким образом, задача сводится к отысканию алгоритма выбора оптимальных ориентаций антенн ГБО, расстояния БНПА до дна и маршрута буксировки.

Для получения максимальной величины зоны видимости ГБО выберем расстояние до дна таким образом, чтобы расстояние до дна по крайнему лучу L_1, равнялось L_M, то есть

$$H = L_M \times \cos\left[(2\pi - \alpha - 2Q)/2\right]. \qquad (7)$$

Найдем выражение для величины зоны обзора при принятых выше допущениях. Горизонтальные проекции крайних лучей L_1 и L_2 (рис. 4) определяются как

$$R_1 = H \times \mathrm{tg}\left[arc\cos(H/L_M)\right], \qquad (8)$$

$$R_2 = H \times \mathrm{tg}\left[arc\cos(H/L_M) - \alpha\right]. \qquad (9)$$

С учетом (4.16) и (4.17) зона видимости локатора определится как

$$X = R_1 - R_2 = H \times \mathrm{tg}\left[arc\cos(H/L_М)\right] -$$

$$- H \times \mathrm{tg}\left[arc\cos(H/L_М) - \alpha\right].$$

Вследствие независимости воздействия возмущающих факторов, величины неопределенностей зон видимости по крайним лучам L_1 и L_2 могут быть вычислены, исходя из соотношения

$$(\Delta X_1)^2 = H^2\{\mathrm{tg}\left[arc\cos(H/L_M)\right] -$$

$$- \mathrm{tg}\, arc\cos(H/L_M) - \alpha_K]\}^2 +$$

$$+ \Delta H^2 \times \mathrm{tg}^2\left[arc\cos(H/L_M)\right] + (\Delta X_H)^2,$$

$$(\Delta X_2)^2 = H^2\{\mathrm{tg}\left[arc\cos(H/L_M) - \alpha\right] -$$

$$- \mathrm{tg}\left[arc\cos(H/L_M) - \alpha - \alpha_K\right]\}^2 +$$

$$+ \Delta H^2 \times \mathrm{tg}^2\left[arc\cos(H/L_M) - \alpha\right] + (\Delta X_H)^2.$$

Величины реальной зоны видимости ($\ddot{x}$) и мертвой зоны ($\ddot{x}_M$) определяются соотношениями: $\ddot{x} = X - \Delta X_1 - \Delta X_2$ и $\ddot{x}_М = 2R_2 + 2\Delta X_2$. Представим величину мертвой зоны:

$$\ddot{x}_М = n\ddot{x} + X'_M, \qquad (10)$$

где $n = \ddot{x}_M / \ddot{x}$ – целое число, округляемое в меньшую сторону, а X'_M – остаток.

Для полного обследования участка дна между крайними лучами ГБО необходимо проложить ($n + 2$) галсов. При этом будет обследована площадь по ширине большая, чем $2(X + R_2)$, а именно: $S = 2(n + 1)\times\ddot{x} + X'_M$.

На последнем галсе при осмотре мертвой зоны используется не вся величина реальной зоны обзора ГБО $\ddot{x}$, а только ее часть $X'_M < \ddot{x}$, т.е. эффективность ГБО снижается. Этот недостаток можно устранить, если выбирать ориентацию антенны локатора и отстояние аппарата от дна (увеличивая Q и H) таким образом, чтобы выполнялось условие

$$\ddot{x}_М = n\,\ddot{x}. \qquad (11)$$

В этом случае для осмотра указанного участка дна потребуется проложить ($n + 1$) галсов. Соответственно, ширина полигона составит $S = 2\ (n + 1)\ddot{x}$. Однако при увеличении Q уменьшается X. Поэтому для выбора оптимальной ориентации антенн необходимо сравнивать эффективные площади, обследуемые БА за один галс при различных Q.

Полным циклом галсов назовем число ($n + 2$), соответствующее минимальному количеству галсов, необходимому для полного обследования участка дна между крайними лучами L_1 ГБО при ориентации антенн в соответствии с соотношением (10). Для условия (11) полному циклу соответствует ($n + 1$) галс.

Определим число галсов, необходимое для полного обследования полигона при выбранной ориентации антенн и, следовательно, при известных значениях $\ddot{x}$ и $\ddot{x}_M$. Представим ширину полигона $A_П$ в виде $A_П = M\ S + mx$, где M – целое число полных циклов галсов; m – дополнительное число галсов необходимое для обследования оставшейся части полигона, (то есть, не охваченной полными циклами галсов).

Тогда при режиме, соответствующем условию (10), полное число галсов, необходимое для обследования полигона шириной $A_П$, составит $N = M\ (n + 2) + m_1$. Для режима буксировки, соответствующему условию (11) $N = M\ (n + 1) + m_1$.

Оптимальным следует считать такие значения Q и H, при которых N будет минимальным. Практически выбор ориентации антенн и расстояния БНПА до дна сводится к численному счету N для всех вариантов Q и H, начиная с минимальных с постепенным увеличением этих значений согласно уравнению (7) до того момента, пока не реализуется условие (11). Дальнейшее увеличение Q и H нецелесообразно.

Аналогичный подход можно применять во всех случаях, когда требуется провести сплошное обследование некоторого района с помощью буксируемого или самодвижущегося носителя, оснащенного измерительной аппаратурой с известной зоной чувствительности.

Результаты исследования и их обсуждение

Проведенный анализ механизмов влияния скорости буксировки исследовательских аппаратурных комплексов на качество получаемой ими информации и безопасность проведения подводно-технических работ позволяет получить значения и расчетные соотношения для предельно допустимых скоростей движения при исследовании поверхности дна придонной области акваторий. Так оптимальная скорость глубоководной буксировки подводного аппарата составляет 0,50–0,75 м/с (1,0–1,5 узла). Задача обнаружения подводных объектов и элементов рельефа дна требуемого размера решается при скорости обследования не превышающей значение δC / 20 L. Требуемая четкость видеоизображения может быть получена на скоростях, не превышающих величину $0{,}5\times(h_Ф / Z_K\times T_H)\times(H/F)$. При скорости буксировки $< (3H / F)\times10^{-3}$ может быть реализована требуемая (заданная) частота поступления видеоинформации. Оптимальные условия проведения маршрутной фотосъемки обеспечиваются при скоростях обследования, не превышающих величину $((1 - \beta)\times H\times h_{ФК}) / (F_{Ф}\times \tau_{ФК})$. Для обеспечения безопасности буксировки вблизи дна в районах с пересеченным рельефом следует придерживаться условий, при которых скорость буксировки не должна превышать значение $(Lx\times V_Z) / (V_Z\times t_З + H_П)$. Оптимальность технологии гидролокационной съемки определяется по условию минимизации числа галсов маршрута обследования полигонов.

Выводы

Таким образом в статье решены главные аспекты проблемы повышения эффективности подводных исследований с использованием подводных буксируемых аппаратов на основе анализа основных критериев выбора оптимальной скорости буксировки подводных аппаратов, предназначенных для обследования поверхности дна и придонного пограничного слоя [1], исходя из требований, налагаемых условиями работы аппарата, и технических возможностей, его приборного оснащения.

Работа выполнена в рамках госзадания ФАНО России (тема № 0149-2018-0010) при частичной поддержке РФФИ (проект Рго_а № 17-05-41041) и РНФ (проект 14-50-00095).

Список литературы

1. Войтов Д.В. Телеуправляемые необитаемые подводные аппараты. – М.: Моркнига, 2012. – 506 с.

2. Зарецкий А.В. Усовершенствование пакета прикладных программ «Подводная механика» в части расчета статики тросовых систем // Современные методы и средства океанологических исследований: матер. XV Всерос. научно-технической конференции. – М., 2017. – Т. 2. – С. 267–270.

3. Зарецкий А.В. Определения статического равновесия подводных объектов типа «гибкая связь + твердое тело» // Современные методы и средства океанологических исследований: матер. XII Международной научно-технической конференции. – М., 2011. – Т.2. – с. 93-95.

4. Кропотов А.Н., Плясунов В.М., Макашев А.А. Исследование системы видеонавигации в составе контуров системы управления движением подводного аппарата // Подводные исследования и робототехника. – 2014. – № 2 (18). – С. 13–19.

5. Бровко В.П. Экспериментальное исследование взаимосвязи параметров движения исследовательского подводного телеуправляемого аппарата и условий работы оператора // Океанологические управляемые аппараты и роботы. – Л.: Судостроение, 1976. – С. 52–57.

6. Алексеев Ю.К., Урываев К.П., Инзарцев А.В., Костенко В.В. Становление и развитие подводной робототехники // Освоение морских глубин. – М.: Издательский дом «Оружие и технологии», 2018. – С. 267–276.

7. Гусев В.К., Онищенко Э.Л. Некоторые вопросы применения буксируемых комплексов при исследовании дна акустическими методами // Технические средства изучения Мирового океана. – М.: ИОАН СССР, 1983. – С. 89–92.

8. Римский-Корсаков Н.А. Технические средства для исследований дна акваторий гидролокационными методами // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2017. – № 10 (2). – С. 205–213.

УДК 004.9:656.07

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЯ В СМАРТ-ГОРОДЕ

[1]Яворский В.В., [2]Утепбергенов И.Т., [3]Чванова А.О.

[1]Карагандинский государственный технический университет, Караганда, e-mail: yavorskiy-v-v@mail.ru;

[2]Институт информационных и вычислительных технологий, Алматы, e-mail: i.utepbergenov@gmail.com;

[3]Карагандинский государственный индустриальный университет, Темиртау, e-mail: mysteria-nastya@mail.ru

В статье рассмотрены направления совершенствования системы городского транспорта на основе внедрения интеллектуальных транспортных систем. Проблемы совершенствования планирования и управления транспортными системами города являются важнейшими. Сложность этой проблемы обусловливается многофункциональным и сложноструктурированным составом систем городского транспорта, активным и стохастическим поведением транспортных процессов, разнообразием функционирования и взаимодействия отдельных составных частей транспортных средств. В республике Казахстан принято решение и начата реализация проекта интеллектуальной транспортной системы (ИТС). Первый этап направлен на повышение эффективности существующей дорожно-транспортной системы, формирование предложений по развитию существующих систем управления транспортными потоками и технико-экономическое обоснование следующих этапов построения ИТС столицы. Важнейшим инструментом решения транспортной проблемы современного города является умно организованный, комфортный городской общественный транспорт (ГОТ). В отношении его должно быть проведено тщательное исследование: оценка имеющейся информации о ГОТ, городской территории и пассажирообразующих объектах, пассажиропотоках на маршрутах и корреспонденциях между районами. СМАРТ подход к созданию инфраструктуры технических средств пассажирского транспорта предполагает создание кратчайших связей между основными пунктами перемещения пассажиров, оборудование этих пунктов необходимыми техническими средствами и сооружениями, учет объемов пассажирских перевозок и требований к уровню комфорта в процессе выбора подвижного состава и типов транспортных средств.

Ключевые слова: интеллектуальные транспортные системы, «умный» город, системы обработки данных, хранилища данных, смарт-системы, городской транспорт

DEVELOPMENT OF INFORMATION SYSTEM OF TRAFFIC MANAGEMENT IN A SMART CITY

[1]Yavorskiy V.V., [2]Utepbergenov I.T., [3]Chvanova A.O.

[1]Karaganda State Technical Univesity, Karaganda, e-mail: yavorskiy-v-v@mail.ru;

[2]Institute of Information and Computing Technologies, Almaty, e-mail: i.utepbergenov@gmail.com;

[3]Karaganda State Industrial Univesity, Temirtau, e-mail: mysteria-nastya@mail.ru

The article deals with the directions of improvement of the urban transport system based on the introduction of intelligent transport systems. Problems of improvement of planning and management of transport systems of the city are the most important. The complexity of this problem is due to the multi-functional and hierarchical nature of transport systems, active and stochastic behavior of transport processes, the variety of functioning and interaction of individual elements of vehicles. The Republic of Kazakhstan has made a decision and started the implementation of the intelligent transport system (ITS) project. The first stage is aimed at improving the efficiency of the existing road transport system, the formation of proposals for the development of existing traffic management systems and a feasibility study of the following stages of construction of ITS for capital. The most important tool for solving the transport problem of the modern city is cleverly organized, comfortable urban public transport (UPT). With regard to it, a thorough study should be conducted: assessment of available information on UPT, urban area and passenger-forming objects, passenger traffic on routes and correspondence between districts. SMART approach to the creation of the technical infrastructure of passenger transport is to ensure the shortest possible links between the main passenger-forming points, in the equipment of these points with the necessary technical means and facilities, taking into account the volume of passenger traffic and the requirements of comfortable travel in the calculation and selection of rolling stock and types of vehicles.

Keywords: intelligent transport systems, smart city, data processing systems, data warehouses, smart systems, urban transport

Казахстан, как стремительно развивающаяся страна, нуждается в преобразовании транспортной инфраструктуры. Система городского транспорта во многом формирует стиль жизни и передвижения людей в условиях городов, площадь которых составляет десятки тысяч гектаров. Городской пассажирский транспорт должен решать две задачи:

1) создание комфортных, доступных и безопасных способов перемещения;

2) снижение использования личного автотранспорта за счет повышения привлекательности общественного транспорта.

Проблемы совершенствования планирования и управления транспортными системами города являются важнейшими. Это определяется тем, что от их решения на соответствующем научно-техническом уровне зависит эффективность функционирования всех систем производства и обслуживания в городе. Сложность этих проблем обусловливается многофункциональным и сложноструктурированным составом систем городского транспорта, активным и стохастическим поведением транспортных процессов, разнообразием функционирования и взаимодействия отдельных составных частей транспортных средств. Все это делает необходимым использование современных цифровых технологий управления и решения этих задач на уровне СМАРТ-систем [1].

В реальных условиях на уровень развития интеллектуальных информационных систем в национальном и международном масштабах оказывают влияние факторы, которые сдерживают использование данных технологий при управлении и организации дорожного движения. Среди них можно указать:

– отсутствие методов оценки эффективности работы ИТС для привлечения инвестиций;

– недостаточно развитое информационное обеспечение автомобильного транспорта;

– отсутствие методов определения параметров дорожного движения «на лету» для применения в расчетах транспортных моделей;

– отсутствие методов прогнозирования и оценки качества движения на сетевом уровне.

Цель работы: в рамках исследования необходимо проанализировать направления совершенствования системы городского транспорта на основе внедрения интеллектуальных транспортных систем.

Материалы и методы исследования

В республике Казахстан уделяют большое внимание развитию городов и преобразованию их транспортной инфраструктуры. В рамках государственной программы «Цифровой Казахстан» (Постановление правительства Казахстана № 827 от 12 декабря 2017 г.) столица – город Астана определен пилотным городом для реализации и последующего масштабирования проектов «умного города». Принято решение и начата реализация проекта интеллектуальной транспортной системы (ИТС).

В исследованиях транспортных потоков применяются методы, алгоритмы и идеи нелинейной динамики и возможностей управления. Применение данных методов обусловлено наличием устойчивых и неустойчивых режимов движения транспортного потока, а также нелинейными обратными связями, потерей устойчивости в случае изменения условий движения. Также необходимо большое число переменных для описания системы.

Для рациональной организации движения потоков транспорта необходимо решить следующие задачи: произвести оценку максимального потока в сети, определить наиболее эффективное распределение потока, определить узкие места в процессах и обеспечить их ликвидацию. Кроме того, необходимо рассчитать суммарные временные затраты при перемещении из начального в конечный пункты.

В качестве основных показателей улучшения качества обслуживания пассажиров следует указать уменьшение временных затрат на передвижение и улучшение комфортабельности поездки.

Для улучшения показателей качества в процессе проектирования транспортных систем необходимо:

– оптимизировать параметры транспортных сетей (протяженность маршрутов, плотность, дублирование маршрутов и т.п.);

– улучшить технические параметры транспортных средств;

– определить оптимальные интервалы движения и увеличить их регулярность;

– усовершенствовать структуру парка подвижного состава и повысить коэффициент его выпуска.

Для моделирования процессов составления маршрутов городского пассажирского транспорта в рамках работы был улучшен алгоритм и реализована программа поиска кратчайшего пути на графе. Актуальность разработки формализованного описания транспортной системы заключается в том, что эффективные модели и алгоритмы, разработанные применительно к одним транспортным системам, после дополнительного учета ряда специфических особенностей, могут быть использованы и для других систем. Это связано с тем, что в рассматриваемых транспортных системах имеется ряд общих основных элементов: транспортная сеть, маршрутная сеть, корреспонденции между пунктами на транспортной сети (ТС), потоки на маршрутной сети (МС), пути передвижения между пунктами ТС, способы обслуживания потоков на МС и т.п. Очевидно также, что взаимосвязь элементов и процессы движения в транспортной системе можно описать, используя графовое представление системы [1] в виде взаимосвязанных сетей, на которых формируются потоки. Интегрированное описание транспортной системы представляет собой гиперсеть [2–4].

Задача управления процессом маршрутизации транспорта может быть разбита на статическую и динамическую части.

Первый этап проекта реализации ИТС направлен на повышение эффективности существующей дорожно-транспортной системы, формирование предложений по развитию существующих систем управления транспортными потоками и технико-экономическое обоснование следующих этапов построения ИТС столицы. Необходимо построение динамической модели с возможностями последующего масштабирования, базирующейся на анализе «больших данных» получаемых из различных источников: система «Сергек», данные навигаторов, данные спутникового мониторинга, данных ТОО AstanaLRT и других источниках.

При реализации таких программ необходимо решение ряда методологических вопросов. При анализе и синтезе транспортной системы необходимо последовательно использовать несколько уровней описания [2–4]. На этапе описания проблемной ситуации, формализованного представления транспортной системы используются методы теории графов и методы описания коммуникационных систем [5–7], при решении задач распределения ресурсов и планирования функционирования транспорта используются соответствующие методы моделирования массового поведения [8, 9]. Прежде всего, при этом должна быть решена проблема сбора, хранения и обработки большого количества данных, необходимых для управления системой. Проводится оценка имеющейся информации о движении транспорта и системе организации движения (СОД), способах получения данных. Во многих случаях решение этих задач осуществляется не на уровне современных цифровых технологий [10–12]. Поэтому должна быть реализована разработка предложений по внедрению современных систем сбора информации. Необходимо определить способы получения и форматы хранения данных и в целом структуру хранилища данных СОД, а также формирование самого хранилища данных СОД, содержащего данные о движении транспорта и дорожной ситуации, а также запуск в эксплуатацию интерфейсов этой системы.

Важнейшим инструментом решения транспортной проблемы современного города является умно организованный, комфортный городской общественный транспорт (ГОТ). В отношении его должно быть проведено тщательное исследование: оценка имеющейся информации о ГОТ, городской территории и пассажирообразующих объектах, пассажиропотоках на маршрутах и корреспонденциях между районами.

Так же как и в случае СОД прорабатывается структура хранилища данных ГОТ, разрабатываются предложения о создании и внедрении систем сбора информации, осуществляется запуск его в эксплуатацию с необходимыми интерфейсами. Формирование такой информационной базы системы позволит перейти к разработке полномасштабной информационной транспортной модели города.

В зарубежных странах для управления транспортными потоками разработаны и используются программные средства, такие как PTV VISION VISSIM, VISUM, AIMSUN и т.д. В настоящее время в развитых странах Европейского союза для планирования и организации улично-дорожной сети применяется программа PTV VISION VISSIM, которая имеет возможность анализировать движение пешеходов и транспортных средств, прогнозировать заторы, формировать оптимальные графики движения транспорта [11].

VISUM применяется для построения моделей транспортных потоков, а также оптимизации и планирования движения транспорта. Все участники движения интегрируются в единую математическую транспортную модель [12].

AIMSUN позволяет строить модели движения на городских транспортных сетях, автомагистралях, кольцевых дорогах и разветвлениях. Программа имеет возможность управления движением с помощью сообщений о загруженности транспортных линий и узлов, а также с помощью изменения графика работы светофоров. В основе работы AIMSUN лежит модель Гиппса. AIMSUN предназначен для работы специалистов управлений организации движения.

Многие крупные города имеют так называемые светофорные зоны («умные» светофоры). Для работы таких светофоров применяется адаптивная система управления переключением светофоров. Такой способ работы является продуктивным и экономичным, что доказывается практическим опытом. Согласно статистике, пропускная способность улично-дорожной сети увеличивается на 30%, а учитывая невысокую стоимость и простоту установки, применение подобной системы является рациональным и эффективным.

Выполнением проектов по транспортному моделированию занимается компания A+S из Германии (Дрезден). Компания представляет собой инновационный проектный институт. Он присутствует на рынке СНГ с 2003 г. [12]. Область деятельности компании не ограничивается СНГ и странами Европы, A+S оказывает услуги по всему миру. Направлением деятельности компании является транспортное моделирование и планирование, проектирование объектов дорожной инфраструктуры и комплексная визуализация.

Дальнейшее развитие заключается в формировании интеллектуальной транспортной системы, разработке концепции ИТС, ее структуры и поэтапной реализации. Важна работа по тщательному тестированию системы, проверке и оценке ее работоспособности и эффективности, а также постоянная разработка предложений вариантов оптимизации существующей системы управления городской транспортной системой (ГТС) и особенно ГОТ. Можно выделить три уровня обработки и хранения информации системы управления ГОТ [13].

Первый уровень информационного обеспечения системы представляет собой координирующие органы управления. Компьютеры управляющих подразделений оперативно получают и анализируют данные о городской инфраструктуре, местоположении наиболее посещаемых мест города, улично-дорожной сети, потенциальных перемещениях пассажиров и т.д.

Эти данные вместе с информацией об имеющихся транспортных ресурсах необходимы для определения рациональных вариантов развития системы транспорта. Применение этих вариантов при принятии решений способствует повышению качества планирования развития городской транспортной инфраструктуры [13].

Второй уровень соответствует управлению отдельными видами транспорта. Информация здесь предполагает сведения о транспортных ресурсах, их наличии, состоянии и готовности к эксплуатации. Кроме того, здесь же циркулируют данные о маршрутах и пассажиропотоках. Указанные сведения имеет смысл размещать на информационных порталах подразделений городского управления, курирующих вопросы пассажирского транспорта, а также на сайтах транспортных предприятий. Данная информация может быть использована для оперативного управления и определения рациональных планов перевозки пассажиров [13].

Третий уровень системы относится к работе самих транспортных единиц, осуществляющих перевозку пассажиров [13].

Очевидна глубокая взаимосвязь всего информационного обеспечения системы управления ГОТ, что указывает на необходимость формирования корпоративных транспортных ресурсов в виде хранилища данных и формирования системы обработки больших данных. Проектирование таких информационных систем необходимо производить с полным отражением в информационной системе всей производственной и информационно-технологической структуры, основанной на разработке информационно-функциональной модели соответствующей задачи управления. Программно-техническую поддержку информационных ресурсов ГОТ может осуществить корпоративная сеть [14].

Результаты исследования и их обсуждение

Создание эффективной системы городского транспорта предполагает использования СМАРТ подхода на всех этапах ее функционирования, начиная с проектирования и градостроительных работ. Такой подход позволит уменьшить потребность жителей в перевозках за счет приближения мест жительства к местам труда и отдыха. Состав сети городского пассажирского транспорта должен быть ориентирован на сокращение временных затрат пассажира, начиная от времени движения от дома до остановочного пункта и включая время ожидания транспорта, время поездки и пересадки.

СМАРТ подход к формированию технической инфраструктуры предполагает формирование кратчайших связей между пассажирообразующими пунктами. Эти пункты должны иметь соответствующие технические средства. СМАРТ подход предполагает наличие возможности учета объемов пассажирских перевозок, требований к уровню комфорта поездки и выбора состава и типа транспортных средств. Основную долю в общем объеме пассажироперевозок на городском транспорте занимают трудовые перемещения, которые, как правило, фиксированы по времени и сконцентрированы в определенном пространстве, имеют признаки устойчивых технологических решений [14]. Главным принципом обслуживания трудовых перевозок должен стать принцип «между определенными зонами города в определенный момент времени». Повысить эффективность таких перевозок возможно за счет использования и внедрения логистического управления на пассажирском транспорте.

Разработка и внедрение систем перевозок на городском пассажирском транспорте должны соответствовать приведенным классификационным признакам. Все это следует учитывать при формировании маршрутной сети, определении количества и типа транспортных единиц для обслуживания маршрутов, выборе режима движения и т.д.

Проектирование и создание систем пассажирских перевозок должно соответствовать приведенным классификационным признакам. Это необходимо учитывать при распределении маршрутов по улично-дорожной сети города, определении потребного количества подвижного состава и типов транспортных средств для маршрутов, выбора режима движения и т.д.

Выводы

Решение рассматриваемых задач требует использования современных технологий «умного города», базирующихся на широком использовании современных ИКТ и систем обработки «больших данных». Дальнейшее развитие заключается в формировании интеллектуальной транспортной системы, разработке концепции ИТС, ее структуры и поэтапной реализации. Важна работа по тщательному тестированию системы, проверке и оценке ее работоспособности и эффективности, а также постоянная разработка предложений вариантов оптимизации существующей системы управления городской транспортной системой и особенно городского общественного транспорта.

Список литературы

1. Майер-Шенбергер В., Кукьер К. Большие данные. Революция, которая изменит то, как мы живём, работаем и мыслим / пер. с англ. Инны Гайдюк. – М.: Манн, Иванов, Фербер, 2014. – 240 с.

2. Калимолдаев М.Н., Утепбергенов И.Т., Ахмедиярова А.Т. Об одной задаче маршрутизации транспорта в мегаполисе // Вестник КазНТУ имени К. Сатпаева. – 2016. – № 1. – С. 409–414.

3. Яворский В.В. Модели оценки деятельности и планирования развития социально-экономических систем. – Томск: В-Спектр, 2011. – 160 с.

4. Яворский В.В., Утепбергенов И.Т. Структурные методы совершенствования управления транспортными системами городов. – Караганда: Изд-во КарГТУ, 2006. – 272 с.

5. Ольховский С.Ю., Яворский В.В. Моделирование функционирования и развития маршрутизированных систем городского пассажирского транспорта. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2001. – 136 с.

6. Попков В.К. Модели и методы структурирования сложных систем // Математика, ее приложения и математическое образование: материалы IV Международной конференции. – Улан-Удэ, 2011. – С. 62–66.

7. Гадасина Л.В., Баушев А.Н. Оптимизационные задачи на сетях. – СПб: ПГУПС, 2012. – 108 с.

8. Chudak F., Dos Santos Eleuterio V. The traffic equilibrium problem. – Goiania, 2006. – 520 p.

9. Утепбергенов И.Т., Ахмедиярова А.Т., Бижанова А.С. Об одной задаче маршрутизации транспорта на городских транспортных сетях // Вестник КазАТК имени М. Тынышпаева. – 2015. – № 5–6. – С. 59–64.

10. Трофименко Ю.В., Якимов М.Р. Транспортное планирование: формирование эффективных транспортных систем крупных городов: монография. – М.: Логос, 2013. – 464 с.

11. Akhmediyarova A.T., Kassymova D.T., Utegenova A.O., Utepbergenov I.T. Development and research of the algorithm for determining the maximum flow at distribution in the network // Open Computer Science. – 2016. – Vol. 6, № 1. – P. 208–213.

12. Таратун В.Е. Анализ средств имитационного моделирования для оптимизации транспортных потоков [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.salogistics.ru/magazine/13/10_Taratyn_(SUAI).pdf (дата обращения: 02.07.2018).

13. Петров А.И. Влияние внешней среды на устойчивость системы пассажирского общественного транспорта. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2011. – 300 с.

14. Специфика логистического подхода в вопросах организации и управления общественным пассажирским транспортом [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://bizbook.online/logist/spetsifika-logisticheskogo-podhoda-voprosah.html (дата обращения: 02.07.2018).

УДК 539.3

КОЛЕБАНИЯ ПЛАСТИНЫ, ШАРНИРНО ЗАКРЕПЛЁННОЙ И УПРУГО ПОДВЕШЕННОЙ НА ВИНКЛЕРОВОМ ОСНОВАНИИ

Агаларов Дж.Г., Мамедова Г.А.

Институт математики и механики национальной академии наук Азербайджана, Баку, e-mail: gular-gulshan@rambler.ru

На практике часто встречаются пластины, подвешенные различными способами. Явно выраженные решения, как правило, определяются при равновесии пластин. При колебании пластины частота явно аналитически не представляется. В данной работе рассматривается колебание круговых упругих пластин на Винклеровом основании при сложном креплении. По контуру имеет место шарнирное закрепление. В это же время шарнир опирается упруго. Это объясняется тем, что при колебаниях пластины опора поддаётся, что может иметь место при недостаточной жёсткости опоры. Здесь рассчитывается жёсткость опоры как функция частоты, т.е. решается обратная задача. Решение задачи представляется в виде функций Кельвина или Бесселя. Результаты расчёта представлены в виде графиков. В зависимости от частоты может иметь место решение в виде Бесселевых функций при больших частотах либо в виде функций Кельвина при меньших частотах. Здесь частота колебаний качественно влияет на картину движения. При превышении частотой определенного значения картина движения, определяемая Бесселевыми функциями, принимает форму, определяемую функциями Кельвина. Это связано с превалированием усилий. При определённых соотношениях цилиндрической жёсткости пластины и частоты свободных колебаний имеет место граница качественной картины колебаний: по одну сторону этой границы колебания определяются Бесселевыми функциями, по другую – функциями Кельвина.

Ключевые слова: колебания, частота, радиус, жёсткость, пластины

OSCILLATIONS OF THE PLATE PIVOTALLY FASTENED AND ELASTIC SUSPENDED ON VINKLEROV BASE

Agalarov Dzh.G., Mamedova G.A.

Institute of Mathematics and Mechanics of the National Academy of Sciences of Azerbaijan, Baku, e-mail: gular-gulshan@rambler.ru

In practice the plates suspended in various ways often meet. Obviously expressed decisions as a rule are defined at balance of plates. At fluctuation of a plate frequency obviously analytically isn't represented. In this work fluctuation of circular elastic plates on Vinklerov the basis is considered at difficult by fortified. On a contour fixing takes place pivotally. In the same time the hinge leans is elastic. It is explained by the fact that at fluctuations of a plate the support gives in that can have places at insufficient rigidity of a support. Here the rigidity of a support as function of frequency of t pays off. e the return problem is solved. The solution of a task is presented in the form of functions of Calvin or Bessel. Results of calculation are presented in the form of schedules. Depending on frequency the decision in the form of Bessel functions with big frequencies can take place or in the form of Calvin's functions with smaller frequencies. Here the frequency of fluctuations qualitatively influences a picture of the movement. At excess by the frequency of a certain value to a picture of the movement determined by Bessel functions takes the form determined by Calvin's functions. It is connected with a prevalence of efforts. At certain ratios of cylindrical rigidity of a plate and frequency of free fluctuations the border of a qualitative picture of fluctuations takes place: on one side of this border of fluctuation are defined by Bessel functions, on another – Calvin's functions.

Keywords: oscillations, frequency, radius, stiffness, plates

Круговые пластины широко применяются в различных отраслях техники в качестве рабочих элементов в нефтеперерабатывающей промышленности, авиастроении, в гражданском строительстве и др.

Определению собственных частот колебаний круговых пластин, как свободных так и покоящихся на упругом основании типа Винклера, посвящён ряд работ [1–4]. Только для статических задач об изгибе прямоугольных пластинок, лежащих на упругом основании с переменным коэффициентом постели, известны решения. В статье [5] расчёт таких пластинок ведется методом конечных элементов, а в [6] – методом Галёркина.

В данной работе рассматриваются свободные колебания круглой пластины, подвешенной различными способами с Винклеровым основанием. Очевидно, вид подвески будет сказываться на частоте колебаний. На практике опора пластины может оказаться отличной от планируемой, и поэтому необходимо знание, как она влияет на частоту колебаний. В работе [7–10] исследованы симметричные поперечные колебания металлополимерной трехслойной круговой пластины, связанной с упругим основанием, при тепловом ударе. Для внешних слоев принимаются гипотезы Кирхгофа, в легком заполнителе деформированная нормаль прямолинейна и несжимаема по толщине. Получены аналитические решения, проведен их численный анализ.

В работе [11] представлено решение уравнения собственных колебаний лежащей на деформируемом основании трансверсально-изотропной пластины, один край которой жестко закреплен, а три других шарнирно оперты. Задача решается методом декомпозиций, получено частотное уравнение для определения собственных поперечных колебаний пластины.

В работе [12] рассматриваются задачи свободных колебаний круглых пластин при различных вариантах подвески.

При колебаниях пластины на его опоры действуют значительные усилия, в результате в которых они деформируются, и естественно, это влияет на частоту колебания пластины.

Цель работы: исследование колебаний пластины в случае податливости опоры. Выяснить особенности колебаний при наличии основания Винклера, а именно в одном случае решение представляется при помощи функций Бесселя, в другом – при помощи функций Кельвина.

Уравнение колебаний пластины имеет вид [13, с. 678]:

$$\Delta\Delta w+\frac{\kappa}{D}w+\frac{\rho h}{D}\cdot\frac{\partial^2 w}{\partial t^2}=0$$

здесь подставляя $w(r,t)=W(r)\cos\omega t$, тогда получим

$$\Delta\Delta W+\beta^4 W=W,$$

$$\left(\Delta\pm\sqrt[4]{\beta^4-1}\right)\cdot W=0, \qquad (1)$$

где $\beta^4=\frac{q\omega^2}{D}$, β – функции частоты; $D=\frac{Eh^3}{12(1-\nu)^2}$ – цилиндрическая жёсткость пластины, E – модуль упругости материала пластинки; $q=\rho h$ – масса пластины, h – толщина пластинки, ρ – плотность материала; k – сопротивление грунта оседанию, когда оседание, отнесённое к единице поверхности, равно единице; r_0 – радиус пластины, ω – частота колебаний, ν – коэффициент Пуассона, Δ – оператор Лапласа.

Решение уравнения (1) имеет вид:

$$W=AZ_1\left(\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)+BZ_2\left(\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right), \qquad (1')$$

где $\xi=\frac{r}{\ell}$.

$$\text{Если 1)}\quad \beta>1;\quad W=AJ_0\left(\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)+BI_0\left(\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right). \qquad (2)$$

$$\text{Если 2)}\quad \beta<1;\quad W=A\cdot ber\left(0,\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)+B\cdot bei\left(0,\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right). \qquad (2')$$

В дальнейшем понадобятся производные $J_0\left(\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)$, $I_0\left(\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)$ Бесселевых и $ber\left(0,\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)$, $bei\left(0,\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)$ Кельвин функций.

Пластина шарнирно закреплена по контуру и упруго опирается (рис. 1).

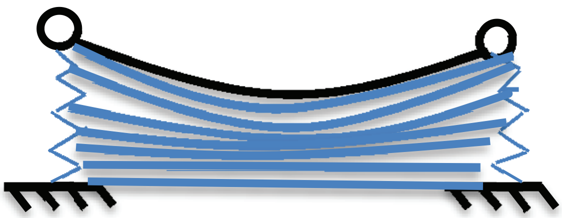


Рис. 1. Пластина шарнирно закреплена по контуру и упруго опирается

Условие шарнирного закрепления имеет вид

$$\frac{d^2W}{d\xi^2}+\frac{\nu}{\xi}\cdot\frac{dW}{d\xi}=0. \qquad (3)$$

Условие упругого опирания при $r = \xi$

$$\frac{d^3W}{d\xi^3}+\frac{\nu}{\xi}\frac{d^2W}{d\xi^2}-\frac{\nu}{\xi^2}\frac{dW}{d\xi}=\lambda W, \tag{4}$$

здесь λ – жесткость постели Винклера.

Подставляя (2) в (3) и (4), получаем, учитывая

$$\frac{\partial J_0\left(\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)}{\partial\xi}=-\left(\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)J_1\left(\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right);\quad \frac{\partial I_0\left(\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)}{\partial\xi}=-\left(\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)I_1\left(\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right);$$

$$\frac{\partial^2 J_0\left(\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)}{\partial\xi^2}=\sqrt{\beta^4-1}\left[\frac{1}{\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi}J_1\left(\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)-J_0\left(\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)\right];$$

$$\frac{\partial^2 I_0\left(\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)}{\partial\xi^2}=\sqrt{\beta^4-1}\left[\frac{1}{\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi}I_1\left(\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)-I_0\left(\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)\right];$$

$$\frac{\partial^3 J_0\left(\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)}{\partial\xi^3}=\sqrt[4]{\beta^4-1}\left(\sqrt{\beta^4-1}-\frac{2}{\xi^2}\right)J_1\left(\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)+\frac{\sqrt{\beta^4-1}}{\xi}J_0\left(\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right);$$

$$\frac{\partial^3 I_0\left(\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)}{\partial\xi^3}=\sqrt[4]{\beta^4-1}\left(\sqrt{\beta^4-1}-\frac{2}{\xi^2}\right)I_1\left(\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)+\frac{\sqrt{\beta^4-1}}{\xi}I_0\left(\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)\quad;$$

$$A\sqrt{\beta^4-1}\cdot\left[\frac{1}{\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi}J_1\left(\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)-J_0\left(\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)\right]+B\sqrt{\beta^4-1}\cdot\left[\frac{1}{\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi}J_1\left(\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)-J_0\left(\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)\right]$$
$$-A\frac{\nu}{\xi}\sqrt[4]{\beta^4-1}\cdot J_1\left(\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)-B\frac{\nu}{\xi}\sqrt[4]{\beta^4-1}\cdot I_1\left(\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)=0, \tag{5}$$

$$A\sqrt[4]{\beta^4-1}\left(\sqrt{\beta^4-1}-\frac{2}{\xi^2}\right)J_1\left(\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)+B\sqrt[4]{\beta^4-1}\left(\sqrt{\beta^4-1}-\frac{2}{\xi^2}\right)I_1\left(\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)+$$
$$+A\frac{\sqrt{\beta^4-1}}{\xi}J_0\left(\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)+B\frac{\sqrt{\beta^4-1}}{\xi}I_0\left(\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)+$$
$$+\frac{\nu}{\xi}\sqrt{\beta^4-1}\left[A\left(\frac{\sqrt[4]{\beta^4-1}}{\xi}J_1\left(\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)-J_0\left(\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)\right)+B\left(\frac{\sqrt[4]{\beta^4-1}}{\xi}I_1\left(\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)-I_0\left(\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)\right)\right]-$$
$$-\frac{\nu}{\xi^2}\sqrt[4]{\beta^4-1}\left(AJ_1\left(\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)+BI_1\left(\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)\right)=\lambda\left(AJ_0\left(\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)+BI_0\left(\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)\right). \tag{6}$$

Получим из (5)

$$A=-\frac{B\cdot\left((1-\nu)\frac{\sqrt[4]{\beta^4-1}}{\xi}I_1\left(\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)+\sqrt{\beta^4-1}I_0\left(\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)\right)}{\left((1-\nu)\frac{\sqrt[4]{\beta^4-1}}{\xi}J_1\left(\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)+\sqrt{\beta^4-1}J_0\left(\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)\right)}. \tag{7}$$

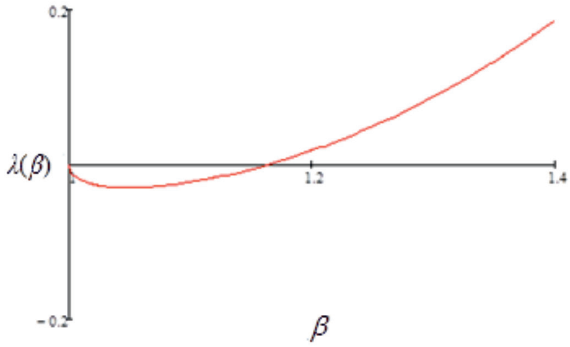


Рис. 2. График I функции жесткости постели Винклера в зависимости от частоты (то есть обратное решение)

Подставляя (7) в (6), имеем

$$\lambda(\beta)=\frac{\sqrt{\beta^4-1}\cdot\left(\frac{(1-\nu)^2}{\xi^2}+\sqrt{\beta^4-1}-\frac{2(1-\nu)}{\xi^2}\right)\cdot\left(I_1\left(\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)J_0\left(\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)-J_1\left(\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)I_0\left(\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)\right)}{\frac{(1-\nu)}{\xi}\cdot\left(I_1\left(\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)J_0\left(\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)+J_1\left(\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)I_0\left(\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)\right)}. \quad (8)$$

На рис. 2 представлен график функции $\lambda(\beta)$

Если $\beta<1; W=A\cdot ber\left(0,\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)+B\cdot bei\left(0,\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)$.

Подставляя (2′) в (3) и (4), получаем, учитывая

$$\frac{\partial ber\left(0,\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)}{\partial\xi}=-\left(\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)ber\left(1,\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right);$$

$$\frac{\partial bei\left(0,\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)}{\partial\xi}=-\left(\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)bei\left(1,\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)$$

$$\frac{\partial^2 ber\left(0,\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)}{\partial\xi^2}=\sqrt{\beta^4-1}\left[\frac{1}{\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi}ber\left(1,\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)-ber\left(0,\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)\right];$$

$$\frac{\partial^2 bei\left(0,\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)}{\partial\xi^2}=\sqrt{\beta^4-1}\left[\frac{1}{\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi}bei\left(1,\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)-bei\left(0,\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)\right];$$

$$\frac{\partial^3 ber\left(0,\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)}{\partial\xi^3}=\sqrt[4]{\beta^4-1}\left(\sqrt{\beta^4-1}-\frac{2}{\xi^2}\right)ber\left(1,\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)+\frac{\sqrt{\beta^4-1}}{\xi}ber\left(0,\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right);$$

$$\frac{\partial^3 bei\left(0,\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)}{\partial\xi^3}=\sqrt[4]{\beta^4-1}\left(\sqrt{\beta^4-1}-\frac{2}{\xi^2}\right)bei\left(1,\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)+\frac{\sqrt{\beta^4-1}}{\xi}bei\left(0,\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right);$$

$$A\sqrt{\beta^4-1}\cdot\left[\frac{1}{\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi}ber\left(1,\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)-ber\left(0,\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)\right]+B\sqrt{\beta^4-1}\cdot\left[\frac{1}{\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi}ber\left(1,\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)-ber\left(0,\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)\right]$$

$$-A\frac{\nu}{\xi}\sqrt[4]{\beta^4-1}\cdot ber\left(1,\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)-B\frac{\nu}{\xi}\sqrt[4]{\beta^4-1}\cdot bei\left(1,\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)=0, \quad (9)$$

$$A\sqrt[4]{\beta^4-1}\left(\sqrt{\beta^4-1}-\frac{2}{\xi^2}\right)ber\left(1,\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)+B\sqrt[4]{\beta^4-1}\left(\sqrt{\beta^4-1}-\frac{2}{\xi^2}\right)bei\left(1,\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)+$$

$$+A\frac{\sqrt{\beta^4-1}}{\xi}ber\left(0,\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)+B\frac{\sqrt{\beta^4-1}}{\xi}bei\left(0,\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)+$$

$$+\frac{\nu}{\xi}\sqrt{\beta^4-1}\left[A\left(\frac{\sqrt[4]{\beta^4-1}}{\xi}ber\left(1,\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)-ber\left(0,\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)\right)+B\left(\frac{\sqrt[4]{\beta^4-1}}{\xi}bei\left(1,\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)-bei\left(0,\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)\right)\right]-$$

$$-\frac{\nu}{\xi^2}\sqrt[4]{\beta^4-1}\left(Aber\left(1,\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)+Bbei\left(1,\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)\right)=\lambda\left(Aber\left(0,\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)+Bbei\left(0,\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)\right). \quad (10)$$

Получим из (9)

$$A=-\frac{B\cdot\left((1-\nu)\frac{\sqrt[4]{\beta^4-1}}{\xi}bei\left(1,\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)+\sqrt{\beta^4-1}bei\left(0,\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)\right)}{\left((1-\nu)\frac{\sqrt[4]{\beta^4-1}}{\xi}ber\left(1,\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)+\sqrt{\beta^4-1}ber\left(0,\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)\right)}. \quad (11)$$

Подставляя (11) в (10), имеем

$$\lambda(\beta)=\frac{\sqrt{\beta^4-1}\cdot\left(\frac{(1-\nu)^2}{\xi^2}+\sqrt{\beta^4-1}-\frac{2(1-\nu)}{\xi^2}\right)\cdot\left(bei\left(1,\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)\cdot ber\left(0,\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)-ber\left(1,\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)\cdot bei\left(0,\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)\right)}{\frac{(1-\nu)}{\xi}\cdot\left(bei\left(1,\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)\cdot ber\left(0,\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)+ber\left(1,\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)\cdot bei\left(0,\sqrt[4]{\beta^4-1}\xi\right)\right)}. \quad (12)$$

На рис. 3 представлен график функции $\lambda(\beta)$.

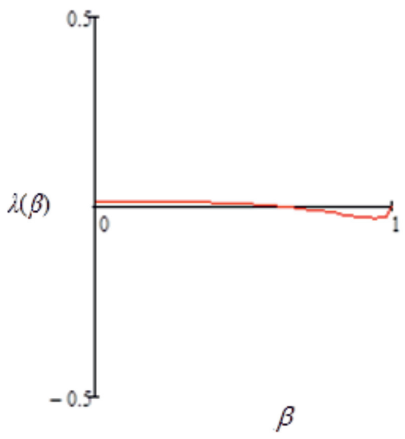


Рис. 3. График II функции жесткости постели Винклера в зависимости от частоты (то есть обратное решение)

Представлены свободные колебания для различных возможных случаев закрепления круглых пластин.

Заключение

Впервые изучается влияние податливости опоры на колебания упругих систем, в частности, на свободные колебания пластины. Притом при наличии упругих оснований выявлено интересное явление: характер колебаний качественно зависит от соотношения параметров постели Винклера и упругости опоры. Учёт изученных явлений представляет интерес для применения на практике.

Следует учитывать, что постель Винклера ведёт к качественно изменяющемуся состоянию колебаний, характеризующемуся выражению решений различными классами функции, а именно Бесселевыми и функцией Кельвина.

Список литературы

1. Kurktchiev R., Vaisilov I. Vibration of circular plates on elastic foundation with in-plane loading. J. of Theor. and Appl. Mech. Sofia. 1994–95. V. XXV. № 1–2. P. 27–33.

2. Wang Jt. Free vibration of stepped circular plates on elastic foundations. J. of Sound and Vibration. 1992.V. 159. № 1. P. 175–181.

3. Доронин А.М. Собственные колебания круглой пластинки, лежащей на переменном упругом основании типа Винклера / А.М. Доронин, В.А. Соболева // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. – 2014. – № 4 (1). – С. 254–258.

4. Крутий Ю.С. Аналитическое решение задачи о свободных колебаниях пластины, лежащей на упругом основании переменной / Ю.С. Крутий, Н.Г. Сурьянинов // Межвузовский сборник «Научные заметки». – 2016. – № 53. – С. 84–92.

5. Witt M. Roz wiaszanie ptyty spoczywajacej na podtozu spezystym o zmiennym wspotczynniku podatnosci metoda elementow skonczonych. Pr. nauk. Inst. inz. Lad. Pwr. 1974. No. 13. P. 143–149.

6. Mofid M., Noroozi M. A plate on Vinkler foundation with variable coefficient // Transaction A: Civil Engineering. 2009. V. 16. № 3. P. 249–255.

7. Колебания круговой металлополимерной пластины, связанной с упругим основанием, при тепловом ударе / Ю.М. Плескачевский [и др.] // Механика машин, механизмов и материалов. – 2009. – № 4 (9). – С. 50–54.

8. Леоненко Д.В. Тепловой удар по круглой трехслойной пластине на упругом основании / Д.В. Леоненко, Э.И. Старовойтов // Изв. РАН. МТТ. – 2012. – № 1. – С. 141–149.

9. Леоненко Д.В. Термопластическое деформирование круговых трехслойных пластин на упругом основании / Д.В. Леоненко, Э.И. Старовойтов // Изв. РАН. МТТ. – 2009. – № 5. – С. 106–119.

10. Старовойтов Э.И. Колебания круглых трехслойных пластин, связанных с упругим основанием / Э.И. Старовойтов, В.Д. Кубенко, Д.В. Тарлаковский // Изв. вузов. Авиационная техника. – 2009. – № 2. – С. 16–19.

11. Егорычев О.А. Собственные колебания лежащей на деформируемом основании трансверсально-изотропной пластины, три края которой шарнирно оперты, а четвертый жестко закреплен. Проектирование и конструирование строительных систем. Проблемы механики и строительство / О.А. Егорычев, Р.Н. Степанов, Е.В. Запольнова // Вестник «МГСУ». – 2013. – № 7. – С. 27–33.

12. Jafar H. Agalarov, Guldasta A. Mamedova, Free fluctuations of the plates suspend in the various ways. Transactions of NAS of Azerbaijan, Issue Mechanics, Series of Physical-Technical and Mathematical Sciences, 2017, 37 (7), pp. 3–10.

13. Филиппов А.П. Колебания деформируемых систем. – М.: Машиностроение, 1970. – 736 с.

УДК 534.23(282.256.341)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ТОНАЛЬНО-ИМПУЛЬСНЫХ СИГНАЛОВ В ВОДЕ ОЗЕРА БАЙКАЛ

[1]Макаров М.М., [1]Кучер К.М., [2]Попов О.Е., [1]Асламов И.А., [1]Гранин Н.Г.

[1]ФГБУН Лимнологический институт Сибирского отделения Российской академии наук, Иркутск, e-mail: mmmsoft@hlserver.lin.irk.ru;

[2]Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва

Представлены результаты эксперимента по распространению акустических тонально-импульсных сигналов с частотой заполнения 16,7 кГц и 21 кГц в зимних условиях в южной котловине оз. Байкал со средней глубиной места 1400 м. Излучающий и приемный пьезоэлектрические преобразователи опускались со льда озера на глубины 195 м и 212 м соответственно. Приём сигналов производился при последовательном удалении излучателя от приёмника на расстояние от 500 м до 25 км. Анализировались сигналы, распространяющиеся вдоль рефрагировавшего в водном слое луча, без отражения от дна или ледовой поверхности озера. Измеренные амплитуды зарегистрированных сигналов корректировались на рассчитанный фактор фокусировки. Оценивались значения коэффициента затухания на исследуемых частотах, которые сравнивались с прогнозируемыми значениями коэффициента поглощения звука в пресной, слабо минерализованной воде оз. Байкал. Обсуждаются результаты проведенного эксперимента. Измеренные экспериментально величины затухания для уникальных условий распространения звука в пресной воде озера Байкал важны для проверки области применимости полуэмпирических формул расчёта поглощения звука. Полученные результаты пополняют банк результатов измерений затухания звука в воде.

Ключевые слова: гидроакустика, затухание звука в воде, распространение звука, сейшевые колебания, оз. Байкал

EXPERIMENTAL STUDY OF THE PROPAGATION OF TONE-PULSE SIGNALS IN THE WATER OF THE LAKE BAIKAL

[1]Makarov M.M., [1]Kucher K.M., [2]Popov O.E., [1]Aslamov I.A., [1]Granin N.G.

[1]Limnological Institute, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk, e-mail: mmmsoft@hlserver.lin.irk.ru;

[2]Oboukhov Institute of Atmospheric Physics, Russian Academy of Sciences, Moscow

The results of the experiment on the propagation of acoustic tone-pulse signals with 16.7 kHz and 21 kHz frequencies in winter conditions in the Southern basin of Lake Baikal are presented. The transmitter and receiver were deployed from the ice surface to the 195 m and 212 m depths respectively, while average depth of place was 1400 m. During the experiment, the transmitter was consecutively moved away from the receiver at a distances from 500 m to 25 km. Signals propagated along the beam refracted in the water layer without reflection from the bottom or ice surface were analyzed. The measured amplitudes of the recorded signals were corrected in accordance with the calculated focusing factor. The values of the attenuation coefficient at the investigated frequencies were estimated and compared with the predicted values of the sound attenuation coefficient in the fresh, slightly mineralized water of Lake Baikal. The results of the experiment are discussed. Experimentally measured attenuation values for unique sound propagation conditions in fresh water of Lake Baikal are important for checking the applicability of semi-empirical formulas for calculating sound attenuation. The obtained results supplement the bank of experimental measurements of sound attenuation in water.

Keywords: hydroacoustics, attenuation of sound in water, sound propagation, seiche oscillations, Lake Baikal

В 1963 г. К. Лерой провел уникальный эксперимент по измерению затухания звука на севере Алжиро-Праванского бассейна [1]. В этом эксперименте из всех регистрируемых акустических импульсов, распространяющихся от источника к приемнику по разным траекториям, анализировались только те, которые проходили вдоль рефрагирующих лучей без отражения от поверхности или дна моря. Это позволило избежать учёта не известных с достаточной точностью коэффициентов отражения от морского дна и взволнованной поверхности.

Во второй половине XX века на частотах выше 10–20 кГц проводились измерения затухания звука как в морской воде, так и в пресной воде. В целом прямые натурные измерения затухания звука на этих частотах в морской среде не противоречили результатам лабораторных исследований в мегагерцовом диапазоне частот. Однако твердой уверенности в справедливости экстраполяций, полученных в мегагерцовом диапазоне частот закономерностей в поведении коэффициентов затухания для пресной воды на более низкие частоты (<100 кГц) не было [2]. Некоторые натурные измерения в мелководных пресных озерах, проведенные американскими исследователями на частотах 1–10 кГц, а также лабораторные измерения с водой, соответствующей пресным водам оз. Танганьика на частотах 10–100 кГц, дали завышенные (по сравнению с экстраполированными с высоких частот) значения коэффициента затухания [3]. В связи с этим измерения затухания звука в самом глубоком пресноводном озере Байкал, с его уникальными условиями для проведения экспериментов по распространению акустических сигналов, представляют несомненный интерес.

Благодаря большим глубинам (максимальная 1637 м, средняя 733 м), оз. Байкал позволяет проводить исследования, подобные морскому эксперименту К. Лероя 1963 г. Характерной особенностью байкальских вод, является их низкая минерализация S примерно 0,096 г/кг с возможными изменениями ±8 % [4]. Как и на большинстве озер умеренных широт, в течение лета вертикальный градиент температуры воды оз. Байкал положителен в водной толще, что ведет к устойчивой плотностной стратификации с поверхностной температурой около 14 °C. Зимой, поверхностный слой обратно стратифицирован по температуре, и в то же время устойчиво стратифицирован по плотности. Таким образом, по стратификации воды пелагиали оз. Байкал характеризуются верхним слоем выше 250 м глубины и постоянно стратифицированной глубинной водной массой ниже [5]. В летние месяцы формируется устойчивый подводный звуковой канал, ось которого залегает на глубинах 150–200 м, а зимой формируется устойчивый подледный звуковой канал, ось которого лежит на границе лед – вода [6]. Большая дальность распространения акустических импульсов без отражений от дна или поверхности озера позволяет проводить измерения затухания звука в килогерцовом диапазоне, который в пресной воде, может быть, очень мал. Цель исследования: проведение экспериментальных работ по измерению коэффициентов затухания звука на частотах от 10 до 30 кГц в ультрапресной воде озера Байкал.

Материалы и методы исследования

Экспериментальные работы проводились в период ледостава 2011 г. в 5 км от мыса Березовый (открытая часть южной котловины оз. Байкал). Средняя глубина в районе проведения работ составляет 1390 м. Для эксперимента по оценке величины затухания акустических тональных сигналов килогерцового диапазона был разработан и изготовлен программно-аппаратный комплекс «Луч», состоящий из двух основных частей: излучающей и приемной (рис. 1) [7]. Они не зависимы друг от друга, но имеют средства управления и мониторинга, позволяющие настраивать параметры излучаемых тональных сигналов, и контролировать состояние излучающей части комплекса.

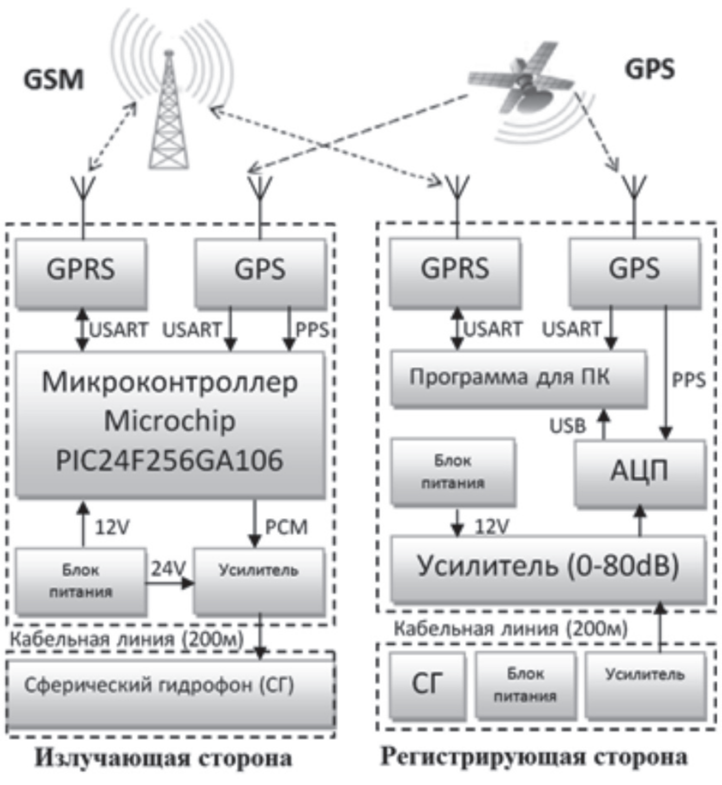


Рис. 1. Принципиальная блок-схема комплекса и взаимодействие частей программно-аппаратного комплекса «Луч». СГ – сферический гидрофон, АЦП – аналого-цифровой преобразователь

Излучающая часть выполнена на основе микроконтроллера, который измеряет температуру и заряд аккумуляторной батареи, управляет периферийными модулями (GPS приемником, GPRS модемом) и формирует выходной сигнал для гидроакустического излучателя. В качестве электроакустического преобразователя использована пьезокерамическая сфера из материала ЦТС19 (титанат бария $BaTiO_3$) диаметром 80 мм, защищенная полиуретановой оболочкой.

Приемная часть выполнена на базе персонального компьютера и состоит из внешнего модуля USB АЦП фирмы LCard, GPS приемника, GPRS модема, усилителя с переключаемым коэффициентом усиления (от 0 до 80 дБ, с декадным шагом), приемного пьезокерамического преобразователя и специально разработанного программного обеспечения. В качестве электроакустического преобразователя использована сфера из материала ЦТС19, диаметром 50 мм, в полиуретановой оболочке. Сфера закреплена на корпусе из титанового сплава, в котором размещен предварительный малошумящий усилитель с собственным батарейным питанием, обеспечивающий первичное усиление электрического сигнала с пьезокерамического преобразователя и согласование с длинной дифференциальной линией связи (200 м).

В эксперименте излучающая и приемная сферы погружались на глубину около 200 м и фиксировались в горизонтальной плоскости при помощи металлической конструкции Т-образной формы с шарниром в верхней части. От концов горизонтальной перекладины к поверхности уходили две оттяжки. К нижней части металлической конструкции крепился гидроакустический преобразователь – сфера. Данная схема подвеса позволила сориентировать приемную и излучающую сферы в пространстве относительно друг друга, исключив вращение гидрофонов, и обеспечить, таким образом, постоянную взаимную ориентацию. Для снижения парусности оттяжки были выполнены из полипропиленового шнура толщиной 1,5 мм.

Гидрологическое обеспечение эксперимента велось с использованием CTD зонда SBE25 Sea Bird Electronics. Абсолютная точность измерения: электропроводности – 40 µS/m, температуры – $3*10^{-4}$ °C, давления – $2*10^{-3\%}$. Однократно в течение короткого промежутка времени были выполнены CTD профилирования до дна в точках 5, 10 и 15 км от точки излучения, и в течение всего эксперимента было выполнено четыре CTD профилирования в точке приема. Для непрерывного фиксирования гидрологических параметров, вместе с излучающим гидрофоном на глубину опускался CTD зонд SBE37, который обладает схожими техническими характеристиками с CTD SBE25. По данным зондирования, выполнялся расчет профиля скорости звука в программном пакете TEOS [8].

Постоянство измеряемых параметров определялось квазистационарными условиями эксперимента и параметрами аппаратуры: контролировалось напряжение излучения, температура аппаратуры и батарей. На всех дистанциях зондирующие импульсы (ЗИ) излучались с одинаковыми характеристиками, следовательно, изменения амплитуды принимаемых ЗИ на различных дистанциях могли быть вызваны только условиями распространения ЗИ вдоль экспериментальной трассы. Синхронизация времени излучения и приема производилась комплексом «Луч» в автоматическом режиме с использованием синхронизирующих сигналов от GPS приемников, что позволило оценить точное время распространения ЗИ по трассе и его вариации. В качестве зондирующих импульсов использованы тональные посылки с частотой заполнения 16,7 и 21 кГц. Длительность ЗИ составляла 100 периодов несущей частоты, 5,9 мс и 4,7 мс соответственно для 16,7 и 21 кГц. Выбранная длительность импульса, с одной стороны, позволяла достигать большого отношения сигнал/шум за счёт узкополосной фильтрации при приёме (полоса 660 Гц и 830 Гц соответственно), а с другой стороны, не происходило наложения на глубоководный импульс приходящих за ним переотраженных сигналов. Следует отметить, что на максимальном расстоянии (25 км) следующий за водным импульс, отражённый от дна, приходит с задержкой в 5 мс, что на частоте 16,7 кГц приводит к его наложению на окончание водного импульса. Однако это не приводило к искажению амплитуды водного импульса и соответственно не являлось помехой измерениям.

Программа излучающей части комплекса работала по замкнутому циклу. Однократно излучался один зондирующий импульс на фиксированной несущей частоте, через время, заведомо большее времени распространения ЗИ на данной дистанции, комплекс перенастраивался и излучался следующий зондирующий импульс на второй фиксированной частоте. Таким образом, частоты тональных посылок перебирались, и набиралось необходимое количество акустических записей для статистической достоверности регистрируемых данных. Эксперимент на каждой дистанции проводился не менее 1,5 суток для регистрации возможных суточных вариаций амплитуды принимаемых ЗИ.

Результаты исследования и их обсуждение

Перед проведением натурного эксперимента было выполнено численное моделирование распространения звука, подобно [9]. Результаты расчёта: времена распространения ЗИ, факторов фокусировки и лучевая картина, наглядным образом демонстрирует распространение ЗИ (рис. 2).

В условиях зимней стратификации ЗИ распространяются, рефрагируя, по лучевым траекториям, описывающим дуги разной длины, в зависимости от угла выхода луча. Лучи, выходящие под малыми углами скольжения, распространяясь от источника к приёмнику, отражаются от льда. Чем больше угол скольжения луча в источнике, тем глубже будет находиться точка заворота луча и тем большую интегральную скорость он будет иметь. ЗИ, распространяющийся по лучевой траектории, с самой глубокой точкой заворота, несмотря на самую большую длину преодолеваемого пути, будет распространяться от точки излучения до точки приема за самое короткое время, вследствие самой большой интегральной скорости. Следовательно, всегда между точками излучения и приема ЗИ будет существовать такая траектория, по которой звуковой импульс будет распространяться за наименьшее время без отражений от льда.

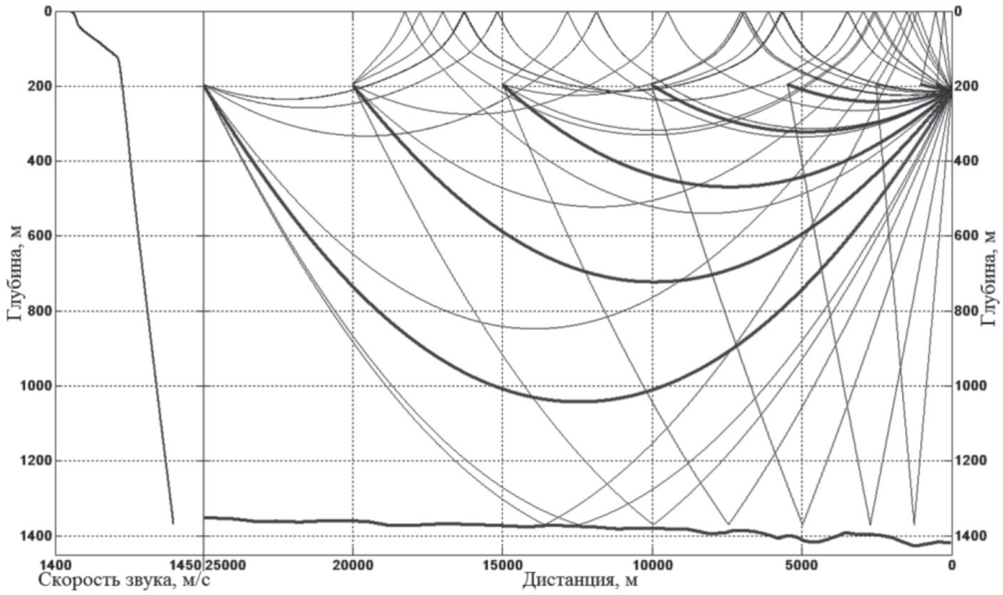


Рис. 2. Вертикальный профиль скорости звука в точке приема и рассчитанная лучевая картина. Проанализированные лучи – жирные, рельеф дна – коричневый

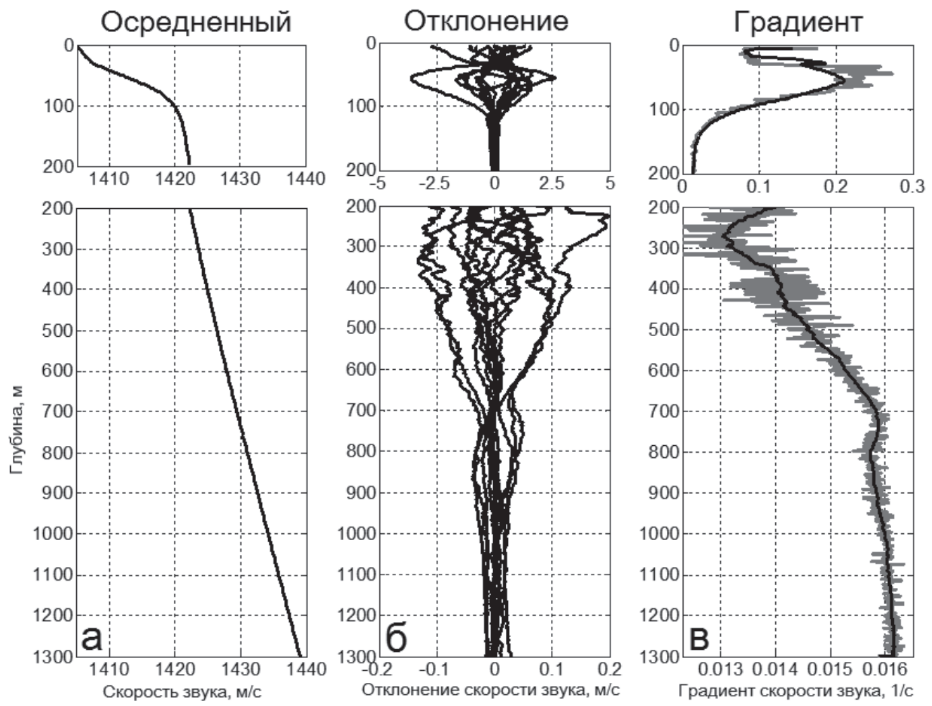


Рис. 3. Гидрологические особенности района проведения эксперимента: а) средний профиль скорости звука по данным эксперимента; б) флуктуации скорости звука; в) зависимость градиента скорости звука от глубины

Эксперимент был проведен на 8 дистанциях от 500 м до 25 км. На каждой дистанции в среднем было выполнено по 800 измерений характеристик импульсов. Количество измерений на всех дистанциях составило 5492. В каждой точке излучения выполнялось CTD зондирование (conductivity, temperature, depth – электрическая проводимость, температура, давление), по данным которого рассчитывался вертикальный профиль скорости звука. Данные измерения показали изменчивость вертикального профиля скорости звука как вдоль экспериментальной трассы, так и во времени. Максимальные различия в скорости звука, до ±3 м/с, наблюдаются на глубинах от 50 до 150 м, глубже этого горизонта отклонения не превышают ±0,2, а чаще ±0,1 м/с (рис. 3).

В диапазоне глубин 200–1300 м градиент скорости звука (по усреднённому в интервале 50 м профилю скорости звука) меняется в пределах от 0,0133 c^{-1} на глубине 400 м до 0,0162 c^{-1} на глубине 1300 м, т.е. с глубиной градиент несколько возрастает. Положительный знак градиента скорости звука свидетельствует о том, что ЗИ, распространяющиеся по более глубоким траекториям, будут подвержены влиянию большего фактора фокусировки. Рассчитанные факторы фокусировок лучей для расстояний 0,5; 1; 2,5; 5; 10; 15; 20 и 25 км составляли соответственно, 1,00; 1,00; 1,00; 0,99; 0,84; 1,03; 1,20 и 1,14. Рассчитанные факторы фокусировки используются для коррекции измеренных амплитуд ЗИ.

Моделирование распространения звука позволило рассчитать характерные особенности распространения ЗИ: длину луча, глубину заворота, интегральную скорость и др. (таблица). Полученные результаты позволяют сделать вывод о высокой точности соответствия рассчитанных и измеренных времён распространения ЗИ вдоль акустической трассы. Максимальная разница времени распространения ЗИ не превышала 4 мс (дистанция 5,5 км), а в среднем по дистанциям составляла около 2 мс.

На рис. 4 представлено изменение амплитуды ЗИ на дистанции 15 км для двух рабочих частот. Анализ первого ЗИ показывает стабильность времени его распространения и амплитуды на протяжении всего цикла измерений на каждом расстоянии. Флуктуации амплитуды ЗИ не превышают 2 дБ, а его времени прихода не более 0,5 мс. При этом отмечается плавное изменение времени распространения первого ЗИ, что, вероятно связано с изменениями характеристик водной среды.

Характерные условия распространения ЗИ

Дистанция, м	Длина луча, м	Глубина заворота, м	Время расчетное, с	Время измеренное, с	Разница времен, мс	Интегральная скорость, м/с	Скорость измеренная, м/с
490	490	212	0,345	0,347	2	1422,72	1412,47
1025	1025	212	0,721	0,721	0	1422,78	1422,78
2522	2522	214	1,772	1,774	2	1422,89	1421,43
5474	5475	243	3,847	3,851	4	1423,19	1421,59
10028	10031	323	7,045	7,048	3	1423,96	1423,40
14993	15005	470	10,528	10,530	2	1425,25	1424,94
20009	20043	723	14,040	14,042	2	1427,60	1427,35
24992	25063	1043	17,518	17,520	3	1430,77	1430,56

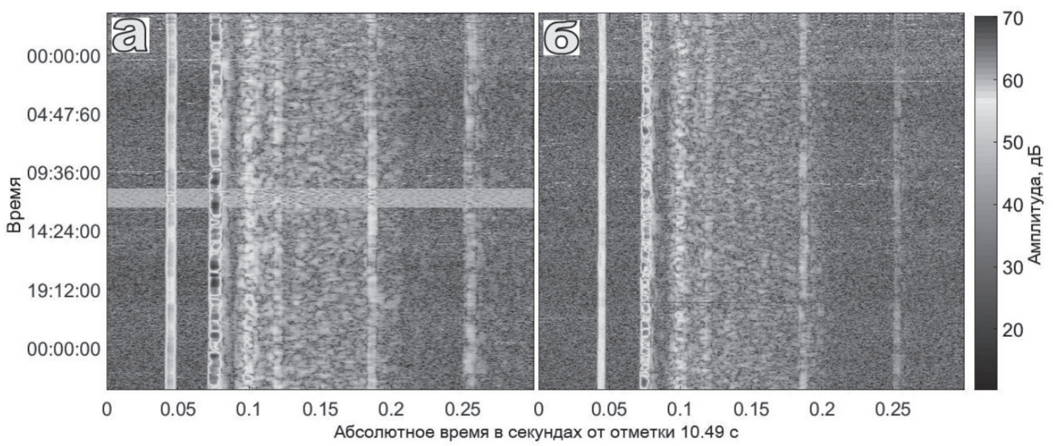


Рис. 4. Изменение амплитуды ЗИ во времени на дистанции 15 км для частот: а) 16701, б) 21052 Гц. Экспериментальный импульс регистрируется в 0,04 с

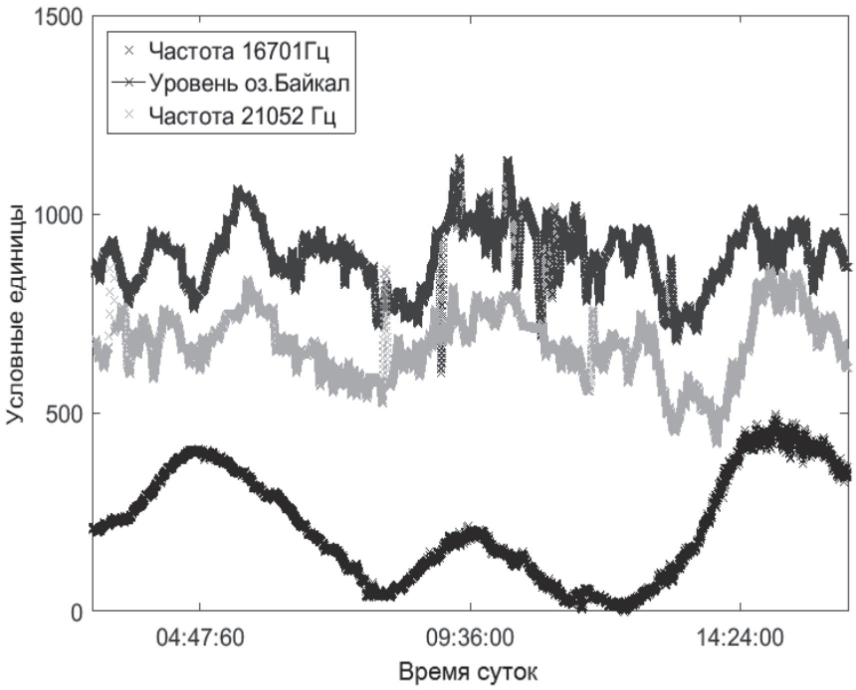


Рис. 5. Изменение амплитуды принимаемых ЗИ на двух рабочих частотах

При сравнении изменений во времени амплитуд ЗИ на двух частотах, было отмечено, что амплитуды изменяются синхронно, что, вероятно, обусловлено изменениями условий распространения ЗИ. На рис. 5 представлена серия измерений амплитуды ЗИ на обеих частотах, полученная в течение 12 часов. За это время уровень Байкала три раза достиг локального максимума. Время между максимумами соответствует периоду сейши первой моды. Аналогичным образом ведут себя амплитуды зарегистрированных ЗИ. Мы делаем предположение, что, возможно, сейшевые колебания уровня озера приводят к заглублению или, напротив, к подъему изотерм, что влияет на величину фактора фокусировки и в конечном итоге на амплитуду ЗИ.

Экспериментальная оценка коэффициента затухания для частоты 21 кГц составила 0,216 дБ/км, что оказалось немного выше теоретической 0,19 дБ/км (около 0,2 %) [10]. На частоте 16,7 кГц экспериментальная оценка затухания 0,075 дБ/км оказалась немного меньше теоретической 0,12 дБ/км (около 0,5 %) [10]. Одним из объяснений наблюдаемых несовпадений может быть тот факт, что затухание на исследуемых частотах весьма мало и на точность оценки сильно влияют ошибки измерений.

Заключение

Разработанный комплекс, благодаря синхронизации излучающей и приемной стороны, позволил получить высокоточные данные о времени распространения экспериментальных ЗИ. Контроль параметров излучаемых ЗИ, а также специальная конструкция подвеса гидрофона позволили исключить некоторые факторы неопределенности и провести точное измерение амплитуды зарегистрированных ЗИ. Измеренные экспериментально коэффициенты затухания звука в уникальных условиях пресноводного озера Байкал важны для проверки области применимости полуэмпирических формул расчёта поглощения звука. Полученные результаты пополняют банк экспериментальных данных измерений затухания звука. Разработанный комплекс аппаратуры может быть использован для контроля условий распространения звука на больших расстояниях, что позволит следить за состоянием водной толщи озера Байкал.

Работа выполнена в рамках темы 0345–2016–0008 (АААА-А16-116122110065-4) «Оценка и прогноз экологического состояния озера Байкал и сопряженных территорий в условиях антропогенного воздействия и изменения климата».

Список литературы

1. Житковский Ю.Ю. Подводная акустика / Ю.Ю. Житковский, Ю.П. Лысанов; пер. с англ., ред. Л.М. Бреховских. – М.: Мир, 1970. – 495 с.

2. Экспериментальные измерения частотной зависимости затухания звука в ультрапресной воде озера Байкал / М.М. Макаров [и др.] // Акустика океана: докл. XIV шк.-семинара им. акад. Л.М. Бреховских. – М., 2013. – С. 73–77.

3. Mellen R.H., Browning D.G., Simmons V.P. Acoustic attenuation in Lake Tanganyika. Nature, 1979, vol. 277, pp. 374–375.

4. Сезонные изменения вертикальной структуры водной толщи пелагиали Южного Байкала / В.В. Блинов [и др.] // Водные ресурсы. – 2017. – Т. 44, № 3. – С. 285–295. DOI: 10.1134/S0097807817030058.

5. Шерстянкин П.П. Вертикальная устойчивость и частота Вяйсяля-Брента глубоких природных вод на примере озер Байкал, Танганьика и Мирового океана / П.П. Шерстянкин, Л. Н.Куимова // ДАН. – 2009. – Т. 429, № 5. – С. 673–678.

6. Шерстянкин П.П. Основные черты поля скорости звука и подводный звуковой канал в открытом Байкале / П.П. Шерстянкин, Л.Н. Куимова // Докл. РАН. – 1992. – Т. 324, № 1. – С. 187–190.

7. Макаров М.М. Изучение дальнего распространения звука на озере Байкал: оборудование, экспериментальные данные / М.М. Макаров, А.Г. Ченский // Акустика океана: докл. XII шк.-семинара им. акад. Л.М. Бреховских. – М., 2009. – С. 119–122.

8. The international thermodynamic equation of seawater – 2010: Calculation and use of thermodynamic properties.// Intergovernmental Oceanographic Commission, Manuals and Guides UNESCO (English), 2010, No. 56, pp. 196.

9. Гостев В.С. Компьютерное моделирование натурного эксперимента по рассеянию звука тонкоструктурными неоднородностями / В.С. Гостев, Р.Ф. Швачко // Акустический журнал. – 2008. – Т. 2, № 54. – С. 262–266.

10. Вадов Р.А. Поглощение и затухание низкочастотного звука в морской среде / Р.А. Вадов // Акустический журнал. – 2000. – Т. 46, № 5. – С. 624–631.

УДК 517.51

НЕРАВЕНСТВА В РАЗНЫХ МЕТРИКАХ МЕЖДУ ТРИГОНОМЕТРИЧЕСКИМИ НАИЛУЧШИМИ ПРИБЛИЖЕНИЯМИ В ПРОСТРАНСТВЕ ЛОРЕНЦА

Муратова Г.К., Нурпейсова А.А.

Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, Астана,
e-mail: mugk@mail.ru, nauryzbaeva_a@mail.ru

Одной из важных задач гармонического анализа является изучение взаимосвязи интегральных свойств функций и свойств суммируемости ее коэффициентов Фурье (преобразования Фурье). Пространство Лоренца $L_{p\theta}$ является средним интерполяционным пространством L_1 и L_∞, родственной с Лебеговым пространством L_p. Имеют большое применение в дифференциальных уравнениях, в теории рядов Фурье, в теории приближений, в теории функциональных пространств. Статья посвящена исследованию пространства Лоренца в теории тригонометрических рядов Фурье. В данной статье рассмотрена связь между тригонометрическими наилучшими приближениями в пространстве Лоренца в разных метриках и тригонометрических наилучших приближений и суммируемости коэффициентов и преобразования Фурье по общим ортонормированным системам в обобщенных пространствах Лоренца. Также доказаны неравенства в разных метриках между тригонометрическими наилучшими приближениями. Результаты работы носят теоретический характер и могут найти применение в различных разделах математики: теории интерполяции функциональных пространств, теории операторов, теоремах вложения функциональных пространств.

Ключевые слова: пространство Лоренца, тригонометрические коэффициенты Фурье, теория функций, тригонометрическое наилучшее приближение, тригонометрический многочлен

INEQUALITIES IN VARIOUS METRICS BETWEEN TRIGONOMETRIC BEST APPROXIMATIONS IN THE SPACE OF LORENTZ

Muratova G.K., Nurpeysova A.A.

Saken Seifullin Kazakh Agrotechnical University, Astana, e-mail: mugk@mail.ru, nauryzbaeva_a@mail.ru

One of the important problems of harmonic analysis is the study of the relationship between the integral properties of functions and the properties of the summability of its Fourier coefficients (Fourier transforms). The Lorentz space $L_{p\theta}$ is the mean interpolation space L_1 and L_∞, which is related to the Lebesgue space L_p. They are of great use in differential equations, in the theory of Fourier series, in approximation theory, in the theory of function spaces. The article is devoted to the investigation of the Lorentz space in the theory of trigonometric Fourier series, the same work is devoted to the study of the summability of the coefficients and the Fourier transform on general orthonormal systems in generalized Lorentz spaces. In this paper we consider the connection between trigonometric best approximations in the Lorentz space in different metrics and trigonometric best approximations and summability of the coefficients and the Fourier transform with respect to general orthonormal systems in generalized Lorentz spaces. Also inequalities in various metrics between trigonometric best approximations are proved. The results of the work are of a theoretical nature and it can find application in various branches of mathematics: the theory of interpolation of function spaces, operator theory, embedding theorems for function spaces.

Keywords: Lorentz space, trigonometric Fourier coefficients, function theory, trigonometric best approximation, trigonometric polynomial

Статья посвящена исследованию пространства Лоренца в терминах теории тригонометрических рядов Фурье и тригонометрических наилучших приближений. В данной статье рассмотрена связь между тригонометрическими наилучшими приближениями в пространстве Лоренца в разных метриках. Связь между наилучшими приближениями в пространстве $L_p[0; 2\pi]$ была установлена А.А. Конюшковым, П.Л. Ульяновым и М.Ф. Тиманом [1, с. 86–92].

Эти вопросы также доказаны Е.С. Смаиловым [2, с. 140–151].

Пусть $f(x)$ – измеримая на $[0, 2\pi]$ в смысле Лебега функция, $f^*(x)$ – невозрастающая перестановка функции $|f(x)|$, $x \in [0, 2\pi]$ [3, с. 104–131]. Пусть $1 \le p \le +\infty$, $1 \le \theta \le +\infty$. Будем говорить, что функция $f(x)$ принадлежит пространству Лоренца $L_{p\theta}$, если

$$\|f\|_{L_{p\theta}} = \left\{ \int_0^{+\infty} \left[t^{\frac{1}{p}} f^*(t) \right]^\theta \frac{dt}{t} \right\}^{\frac{1}{\theta}} < +\infty.$$

Пусть $T_n(x)$ – тригонометрический многочлен порядка не выше, чем $n \in N$, $f \in L_{p\theta}[0; 2\pi]$, $1 < p < +\infty$, $1 \le \theta \le +\infty$. Наилучшим приближением функции f в пространстве $L_{p\theta}[0; 2\pi]$ посредством тригонометрических полиномов порядка не выше, чем n, назовем величину

$$E_n(f)_{p\theta} = \inf_{\substack{\{T_k\} \\ k \le n}} \|f - T_k\|_{p\theta}.$$

Пусть $1 \le p < \infty$, $1 \le \theta < \infty$. Пространства Лоренца $L_{p\theta}$ определяются следующим образом

$$L_{p\theta} = \left\{ f(t) : \left(\int_0^1 t^{\frac{q}{p}-1} \left(f^*(t) \right)^{\theta} dt \right)^{\frac{1}{\theta}} < \infty \right\}.$$

Если $\theta < \infty$,

$$\|f\|_{L_{p\theta}} = \left(\int_0^1 t^{\frac{q}{p}-1} \left(f^*(t) \right)^{\theta} dt \right)^{\frac{1}{\theta}}.$$

Если $\theta = \infty$,

$$\|f\|_{L_{p\theta}} = \sup_{t>0} t^{\frac{1}{p}} f^*(t),$$

где $f^*(t)$ – невозрастающая перестановка функций $|f(t)|$.

Пространства Лоренца $L_{p\theta}$ являются более тонкой шкалой пространств, чем шкала пространств Лебега, и имеют большое применение в теории рядов Фурье, в дифференциальных уравнениях, в теории функциональных пространств.

Пусть $1 \le p < \infty$. В случае, когда $p = \theta$, пространства Лоренца $L_{p\theta}$ совпадают с пространствами Лебега L_p [4, с. 4–16].

Основными свойствами пространства Лоренца являются зависимости ее параметров, т.е. имеют место следующие свойства:

1. Если $1 \le p < \infty$, $1 \le \theta < \theta_1 < \infty$, тогда имеет место вложение

$$L_{p\theta} \hookrightarrow L_{p\theta_1} \quad \left(\|f\|_{L_{p\theta_1}} \le c \|f\|_{L_{p\theta}} \right).$$

2. Для любого $\varepsilon > 0$ иммет место следующее вложение пространств

$$L_{p\theta} \hookrightarrow L_{p+\varepsilon\theta_1}.$$

Далее приведем необходимые вспомогательные предложения.

Лемма 1. Пусть $1 < p < +\infty$, $0 < \theta \le +\infty$, $r \in N$ и $T_n(x)$ – произвольный тригонометрический многочлен. Тогда справедливо следующее неравенство, называемое неравенством Бернштейна:

$$\left\| T_n^{(r)} \right\|_{p\theta} \le 2 c_{p\theta} n^r \left\| T_n \right\|_{p\theta},$$

где $\mathrm{const} = c_{p\theta} > 0$ не зависит от T_n.

Лемма 2. Пусть $1 < p < q < +\infty$, $0 < \theta < +\infty$ и $\{P_k(x)\}_{k=0}^{+\infty}$ – произвольная последовательность тригонометрических многочленов. Тогда $\forall (n,m) \in N : m < n$ справедливо следующее неравенство:

$$\left\| P_{2^n-1} - P_{2^m-1} \right\|_{q\theta} \le c_{pq\theta} \left\{ \sum_{k=m+1}^{n} 2^{k\theta\left(\frac{1}{p}-\frac{1}{q}\right)} \left\| P_{2^k} - P_{2^{k-1}} \right\|_{q\theta}^{\theta} \right\}^{\frac{1}{\theta}},$$

где $\mathrm{const} = c_{p\theta} > 0$ не зависит от $\{P_k\}$ и $(n,m) \in N$.

Лемма 3. Пусть $1 \le p < q < +\infty$, $1 < \theta < +\infty$, $r \in N$ и $f \in L_{p\theta}[0; 2\pi]$.

$\{T_n(x)\}_{n=0}^{+\infty}$ – последовательность ее тригонометрических многочленов наилучшего приближения. Тогда $\forall (n,m) \in N : n > m$ справедливо неравенство

$$\left\| T_{2^n}^{(r)}(f) - T_{2^m}^{(r)}(f) \right\|_{q\theta} \le c_{pq\theta r} \left\{ \sum_{k=2^{m-1}}^{2^{n-1}-1} k^{\theta\left(\frac{1}{p}-\frac{1}{q}+r\right)-1} E_k^{\theta}(f)_{p\theta} \right\}^{\frac{1}{\theta}},$$

где $c_{pqr} > 0$ не зависит от f и n, m.

Применяя методику, предложенную в [5, с. 305–309], доработанную с учетом особенности пространства Лоренца, доказывается следующая вспомогательная теорема, которая сама по себе является важным утверждением. Для тригонометрических рядов также рассмотрено в [6, с. 213–223].

Теорема 1. Пусть $1 < p < q < +\infty$, $1 < \theta < +\infty$ и

$$T_{2^l-1}(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{v=1}^{2^l-1} a_v cosvx + b_v sinvx, \quad T_{2^k-1}(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{v=1}^{2^k-1} a_v cosvx + b_v sinvx,$$

тогда имеет место следующее неравенство:

$$\left\| T_{2^l-1}(x) - T_{2^k-1}(x) \right\|_{q\theta} \le c_{p\theta} \left\{ \sum_{n=k+1}^{l} 2^{n\theta\left(\frac{1}{p}-\frac{1}{q}\right)} \left\| \sum_{v=2^{n-1}}^{2^n-1} a_v \cos(v;\cdot) + b_v \sin(v;\cdot) \right\|_{p\theta}^{\theta} \right\}^{\frac{1}{\theta}}.$$

Теорема 2. Пусть $1 \le p < +\infty, 1 \le \theta < +\infty$ и $f \in L_{p\theta}[0;2\pi]$.
Если для некоторого q: $p < q < +\infty$ ряд

$$\sum_{k=1}^{+\infty} 2^{\theta\left(\frac{1}{p}-\frac{1}{q}\right)} E_k^{\theta}(f)_{p\theta} < +\infty$$

сходится, то $f \in L_{p\theta}[0;2\pi]$ и справедливы неравенства:

$$\|f\|_{p\theta} \le c_{pq\theta}\left\{\|f\|_{p\theta} + \left[\sum_{k=1}^{+\infty} k^{\theta\left(\frac{1}{p}-\frac{1}{q}\right)-1} E_k^{\theta}(f)_{p\theta}\right]^{\frac{1}{\theta}}\right\},$$

$$E_k^{\theta}(f)_{p\theta} \le c_{pq\theta}\left\{(n+1)^{\frac{1}{p}-\frac{1}{q}} E_n(f)_{p\theta} + \left[\sum_{k=n+1}^{+\infty} k^{\theta\left(\frac{1}{p}-\frac{1}{q}\right)-1} E_k^{\theta}(f)_{p\theta}\right]^{\frac{1}{\theta}}\right\},$$

где $E_k^{\theta}(f)_{p\theta}$ – наилучшее приближение функций $f \in L_{p\theta}[0; 2\pi]$.

Доказательство. Пусть $f \in L_{p\theta}[0; 2\pi]$. $T_n(x)$ тригонометрический многочлен наилучшего приближения функций f

$$E_n(f)_{p\theta} = \inf_{\substack{\{a_k\},\{b_k\} \\ 0 \le k \le n}} \|f - T_n(x)\|_{p\theta}.$$

$E_n(f)_{p\theta} \to 0$, при $n \to +\infty$, $n \in Z^+$.

Пусть $f \in L_{p\theta}[0;2\pi]$ $q : p < q < +\infty$.

$$\Delta_k(f;x) = T_{2^k-1}(x) - T_{2^{k-1}-1}(x),$$

где $T_n(x)$ – многочлен наилучшего приближения функций $f \in L_{p\theta}[0; 2\pi]$.
Тогда согласно теореме 1 при $m < n$ имеем

$$\left\|\sum_{v=m}^{n}\Delta_k(x)\right\|_{q\theta} = c_{pq\theta}\left\{\sum_{v=m+1}^{n} 2^{v\theta\left(\frac{1}{p}-\frac{1}{q}\right)}\|\Delta_k(x)\|_{p\theta}^{\theta}\right\}^{\frac{1}{\theta}} = c_{pq\theta}\left\{\sum_{v=m+1}^{n} 2^{v\theta\left(\frac{1}{p}-\frac{1}{q}\right)}\|T_{2^k-1}(x) - T_{2^{k-1}-1}(x)\|_{p\theta}^{\theta}\right\}^{\frac{1}{\theta}} \le$$

$$\le c_{pq\theta}\left\{\sum_{v=m+1}^{n} 2^{v\theta\left(\frac{1}{p}-\frac{1}{q}\right)}\left(E_{2^v-1}(f) - E_{2^{v-1}-1}(f)\right)^{\theta}\right\}^{\frac{1}{\theta}} \le c_{pq\theta}\left\{\sum_{v=m+1}^{n} 2^{v\theta\left(\frac{1}{p}-\frac{1}{q}\right)}\left(E_{2^{v-1}-1}(f)\right)^{\theta}\right\}^{\frac{1}{\theta}}. \quad (1)$$

Так как ряды

$$\sum_{k=1}^{+\infty} k^{\theta\left(\frac{1}{p}-\frac{1}{q}\right)-1} E_k^{\theta}(f)_{p\theta}, \sum_{k=2}^{+\infty} k^{\theta\left(\frac{1}{p}-\frac{1}{q}\right)} E_{2^{k-1}-1}^{\theta}(f)_{p\theta}$$

сходятся или расходятся вместе, то в силу условия теоремы правая сторона последнего неравенства стремится к нулю при $(m, n) \to +\infty$.

$$\left\|\sum_{v=m}^{n}\Delta_k(x)\right\|_{q\theta}^{\theta} \to 0, \text{ при } \min(m, n) \to +\infty.$$

Следовательно, последовательность $\left\{T_{2^v-1}(x)\right\}_{v=1}^{+\infty}$ фундаментальна в метрике пространства $L_{p\theta}[0; 2\pi]$. Так как пространство $L_{p\theta}[0; 2\pi]$ полно, то существует $\varphi \in L_{q\theta}[0; 2\pi]$ такая, что

$$\|\varphi - T_{2^v-1}\|_{q\theta} \to 0, \text{ при } v \to +\infty.$$

Следовательно, φ(x) симметрично к $f(x)$ на [0; 2π]. Таким образом, $f \in L_{q\theta}[0; 2\pi]$.
Если же в (1) положим $m = 2$, $n \to +\infty$, тогда

$$f_{q\theta} \le c_{pq\theta}\left\{\sum_{k=1}^{+\infty} k^{\theta\left(\frac{1}{p}-\frac{1}{q}\right)-1}\left(E_k^{\theta}(f)_{p\theta}\right)^{\theta}\right\}^{\frac{1}{\theta}} + C''_{pq\theta} f_{p\theta} \le A_{pq\theta}\left\{f_{p\theta} + \left[\sum_{k=1}^{+\infty} k^{\theta\left(\frac{1}{p}-\frac{1}{q}\right)-1}\left(E_k(f)_{p\theta}\right)^{\theta}\right]\right\}^{\frac{1}{\theta}}.$$

Теперь докажем второе неравенство.

$$f - T_{nq\theta} = C_{pq\theta}\left\{f - T_{np\theta} + \left[\sum_{k=1}^{+\infty} k^{\theta\left(\frac{1}{p}-\frac{1}{q}\right)-1}\left(E_k(f - T_n))_{p\theta}\right)^{\theta}\right]\right\}^{\frac{1}{\theta}} =$$

$$C_{pq\theta}\left\{f - T_{np\theta} + \left[\sum_{k=1}^{n} k^{\theta\left(\frac{1}{p}-\frac{1}{q}\right)-1}\left(E_k(f - T_n)_{p\theta}\right)^{\theta} + \sum_{k=n+1}^{+\infty} k^{\theta\left(\frac{1}{p}-\frac{1}{q}\right)-1}\left(E_k(f - T_n)_{p\theta}\right)^{\theta}\right]\right\}^{\frac{1}{\theta}}, \tag{2}$$

$$k \in [1;n] \cap N : \left(E_k(f - T_n)_{p\theta}\right) = \inf_{\substack{j,k \\ j \le k}} (f - T_n) - t_{jp\theta} = E_n(f)_{p\theta}. \tag{3}$$

Теперь рассмотрим, когда $\forall k > n$:

$$E_k(f - T_n)_{p\theta} = \inf_{\substack{j,k \\ j \le k}} f - (T_n + t_j)_{p\theta} = E_n(f)_{p\theta}. \tag{4}$$

(3), (4) подставляем в (2):

$$f - T_{nq\theta} \le C_{pq\theta}\left\{f - T_{np\theta} + \left[\sum_{k=1}^{n} k^{\theta\left(\frac{1}{p}-\frac{1}{q}\right)-1}\left(E_n(f)_{p\theta}\right)^{\theta} + \sum_{k=n+1}^{+\infty} k^{\theta\left(\frac{1}{p}-\frac{1}{q}\right)-1}\left(E_n(f)_{p\theta}\right)^{\theta}\right]\right\}^{\frac{1}{\theta}} \le$$

$$\le\left(\frac{1}{p}-\frac{1}{q} > 0\right) \le C''_{pq\theta}\left\{E_n(f)_{p\theta}\left(1 + n^{\frac{1}{p}-\frac{1}{q}}\right) + \left[\sum_{k=n+1}^{+\infty} k^{\theta\left(\frac{1}{p}-\frac{1}{q}\right)-1}\left(E_k(f)_{p\theta}\right)^{\theta}\right]\right\}^{\frac{1}{\theta}}.$$

Таким образом, мы получили неравенство

$$E_n(f)_{q\theta} \le C''_{pq\theta}\left\{E_n(f)_{p\theta}\left(1 + n^{\frac{1}{p}-\frac{1}{q}}\right) + \left[\sum_{k=n+1}^{+\infty} k^{\theta\left(\frac{1}{p}-\frac{1}{q}\right)-1}\left(E_k(f)_{p\theta}\right)^{\theta}\right]\right\}^{\frac{1}{\theta}}, \ \forall n > N.$$

Теорема 3. Пусть $1 \le p < q < +\infty$, $1 \le \theta < +\infty$ и $f \in L_{p\theta}[0; 2\pi]$. Если для некоторого $r \in N$ и $q : 1 \le p < q < +\infty$ ряд

$$\sum_{k=1}^{+\infty} k^{\theta(\frac{1}{p}-\frac{1}{q}+r)-1} E_k^{\theta}(f)_{p\theta} < +\infty$$

сходится, то существует производная $f^{(r)} \in L_{q\theta}[0;2\pi]$ и имеют место неравенства

$$\left\|f^{(r)}\right\|_{q\theta} \le C_{pq\theta r}\left\{\|f\|_{q\theta} + \left[\sum_{k=1}^{+\infty} k^{\theta(\frac{1}{p}-\frac{1}{q}+r)-1} E_k^{\theta}(f)_{p\theta}\right]\right\}^{\frac{1}{\theta}},$$

$$E_k(f^{(r)})_{q\theta} \le C'_{pq\theta r}\left\{E_n(f)_{p\theta}(1+n)^{\frac{1}{p}-\frac{1}{q}+r} + \left[\sum_{k=n+1}^{+\infty} k^{\theta(\frac{1}{p}-\frac{1}{q}+r)-1} E_k^{\theta}(f)_{p\theta}\right]\right\}^{\frac{1}{\theta}} \quad \forall n \in N.$$

Здесь константы $c_{pq\theta r} > 0, c'_{pq\theta r} > 0$ не зависят от f и $n \in N$.

Доказательство. По условию теоремы ряд

$$\sum_{k=1}^{+\infty} k^{\theta(\frac{1}{p}-\frac{1}{q}+r)-1} E_k^{\theta}(f)_{p\theta} < +\infty$$

сходится. Поэтому

$$\sum_{k=2^{m-1}-1}^{2^{n-1}} k^{\theta(\frac{1}{p}-\frac{1}{q}+r)-1} E_k^{\theta}(f)_{p\theta} \to 0$$

при $\min(m,n) \to +\infty$. Тогда, согласно лемме 3, последовательность $\left\{T_{2^n}^{(r)}(x)\right\}_{n=0}^{+\infty}$ фундаментальна в пространстве $L_{q\theta}[0;\ 2\pi]$. Поэтому, в силу полноты пространства $L_{q\theta}[0;\ 2\pi]$, существует

$$\varphi(x,r) \in L_{q\theta}[0;2\pi] : \left\|\varphi - T_{2^n}^{(r)}\right\|_{q\theta} \to 0$$

при $n \to +\infty$ Так как из условий теоремы также следует, что $f \in L_{q\theta}[0;2\pi]$ и

$$\left\|f - T_{2^n}\right\|_{q\theta} \to 0 \text{ при } n \to +\infty,$$

то $\varphi(x,r) = f^{(r)}(x)$ – в смысле С.М. Никольского. В лемме 3 положим $m = 1$ и $n \to +\infty$ Тогда

$$\left\|f^{(r)} - T_2^{(r)}\right\|_{q\theta} \le C_{pq\theta r}\left\{\sum_{k=1}^{+\infty} k^{\theta(\frac{1}{p}-\frac{1}{q}+r)-1} E_k^{\theta}(f)_{p\theta}\right\}^{\frac{1}{\theta}}.$$

$$\left\|f^{(r)}\right\|_{q\theta} \le \left\|f^{(r)} - T_2^{(r)}\right\|_{q\theta} + \left\|T_2^{(r)}\right\|_{q\theta} \le C_{pq\theta r}\left\{\sum_{k=1}^{+\infty} k^{\theta(\frac{1}{p}-\frac{1}{q}+r)-1} E_k^{\theta}(f)_{p\theta}\right\}^{\frac{1}{\theta}} + c_{pq} 2^{\frac{1}{p}-\frac{1}{q}} \left\|T_2^{(r)}\right\|_{p\theta} \le$$

$$\le (\text{лемма } 1) \le c'_{p\theta}\left\|T_2\right\|_{p\theta} + c_{pq\theta r}\left\{\sum_{k=1}^{+\infty} k^{\theta(\frac{1}{p}-\frac{1}{q}+r)-1} E_k^{\theta}(f)_{p\theta}\right\}^{\frac{1}{\theta}}.$$

Так как

$$\left\|T_2\right\|_{p\theta} \le \left\|f\right\|_{p\theta} + \left\|f - T_2\right\|_{p\theta} = \left\|f\right\|_{p\theta} + E_2(f)_{p\theta} \le \left\|f\right\|_{p\theta} + E_0(f)_{p\theta} \le 2\left\|f\right\|_{p\theta},$$

то

$$\left\|f^{(r)}\right\|_{q\theta} \le c''_{pq\theta r}\left[\left\{\sum_{k=1}^{+\infty} k^{\theta(\frac{1}{p}-\frac{1}{q}+r)-1} E_k^{\theta}(f)_{p\theta}\right\}^{\frac{1}{\theta}} + \left\|f\right\|_{p\theta}\right].$$

Теперь докажем второе неравенство:

$$\left\|f^{(r)}-T_n^{(r)}\right\|_{q\theta}\le C_{pq\theta}\left\{\left\|f-T_n\right\|_{p\theta}+\left[\sum_{k=1}^{+\infty}k^{\theta(\frac{1}{p}-\frac{1}{q}+r)-1}(E_k(f-T_n)_{p\theta})^{\theta}\right]^{\frac{1}{\theta}}\right\}=$$

$$=C_{pq\theta}\left\{\left\|f-T_n\right\|_{p\theta}+\left[\sum_{k=1}^{n}k^{\theta(\frac{1}{p}-\frac{1}{q}+r)-1}(E_k(f-T_n)_{p\theta})^{\theta}+\sum_{k=n+1}^{+\infty}k^{\theta(\frac{1}{p}-\frac{1}{q}+r)-1}(E_k(f-T_n)_{p\theta})^{\theta}\right]^{\frac{1}{\theta}}\right\}. \quad (1)$$

$$k\in[1;n]\cap N:\ E_k(f-T_n)_{p\theta}=\inf_{\substack{\{t_j\}\\ j\le k}}\left\|(f-T_n)-t_j\right\|_{p\theta}=E_n(f)_{p\theta}. \quad (2)$$

Пусть $k>n$:

$$E_k(f-T_n)_{p\theta}=\inf_{\substack{\{t_j\}\\ j\le k}}\left\|(f-T_n)-t_j\right\|_{p\theta}=\inf_{\substack{\{t_j\}\\ j\le k}}\left\|f-(T_n+t_j)\right\|_{p\theta}=E_k(f)_{p\theta}. \quad (3)$$

Далее (2), (3) подставляем в (1):

$$\left\|f^{(r)}-T_n^{(r)}\right\|_{q\theta}\le C_{pq\theta}\left\{E_n(f)_{p\theta}+E_n(f)_{p\theta}\left[\sum_{k=1}^{n}k^{\theta(\frac{1}{p}-\frac{1}{q}+r)-1}\right]^{\frac{1}{\theta}}+\left[\sum_{k=n+1}^{+\infty}k^{\theta(\frac{1}{p}-\frac{1}{q}+r)-1}(E_k(f)_{p\theta})^{\theta}\right]^{\frac{1}{\theta}}\right\}\le$$

$$\le C'_{pq\theta}\left\{E_n(f)_{p\theta}+E_n(f)_{p\theta}\cdot n^{\frac{1}{p}-\frac{1}{q}+r}+\left[\sum_{k=n+1}^{+\infty}k^{\theta(\frac{1}{p}-\frac{1}{q}+r)-1}(E_k(f)_{p\theta})^{\theta}\right]^{\frac{1}{\theta}}\right\}\le$$

$$\le C'_{pq\theta}\left\{E_n(f)_{p\theta}(1+n^{\frac{1}{p}-\frac{1}{q}+r})+\left[\sum_{k=n+1}^{+\infty}k^{\theta(\frac{1}{p}-\frac{1}{q}+r)-1}(E_k(f)_{p\theta})^{\theta}\right]^{\frac{1}{\theta}}\right\}\le$$

$$\le\left(\frac{1}{p}-\frac{1}{q}+r>0\right)\le c''_{pq\theta}\left\{E_n(f)_{p\theta}(1+n)^{\frac{1}{p}-\frac{1}{q}+r}+\left[\sum_{k=n+1}^{+\infty}k^{\theta(\frac{1}{p}-\frac{1}{q})-1}\left(E_n(f)_{p\theta}\right)^{\theta}\right]^{\frac{1}{\theta}}\right\}.$$

Таким образом, мы получили неравенство

$$E_n\left(f^{(r)}\right)_{q\theta}\le c''_{pq\theta}\left\{(1+n)^{\frac{1}{p}-\frac{1}{q}+r}E_n(f)_{p\theta}+\left[\sum_{k=n+1}^{+\infty}k^{\theta(\frac{1}{p}-\frac{1}{q})-1}\left(E_n(f)_{p\theta}\right)^{\theta}\right]^{\frac{1}{\theta}}\right\}\ \forall n\in N.$$

Теорема доказана.

Список литературы

1. Иосида К. Функциональный анализ. – 3 изд. – М.: Изд. ЛКИ, 2010. – С. 86–92.

2. Смаилов Е.С., Такуадина А.И. О неулучшаемости предельной теоремы вложения разных метрик в пространствах Лоренца с весом Эрмитта // Уфимск. матем. журн. – 2011. – № 3 (3). – С. 140–151.

3. Ульянов П.Л. Теоремы вложения и соотношения между наилучшими приближениями (модулями непрерывности) в разных метриках // Математический сборник. – 1970. – Т. 81, № 1. – С. 104–131.

4. Гольдман М.Л., Гусельникова О.М. Оптимальные вложения потенциалов типа Бесселя и типа Рисса. Часть 1 // Вестник РУДН, серия «Математика. Информатика. Физика». – 2011. – № 3. – С. 4–16.

5. Гольдман М.Л. Оптимальные вложения потенциалов типа Бесселя и Рисса // Доклады РАН. – 2009. – Т. 428, № 3. – С. 305–309.

6. Roginskaya M., Wojciechowski M. Singularity of vector valued measures in terms of Fourier transform // Journ. Fourier Anal. Appl. 2006. Vol. 12. no. 2. P. 213–223.

УДК 539.186

ЭФФЕКТИВНОЕ ТОРМОЖЕНИЕ БЫСТРЫХ ВОДОРОДОПОДОБНЫХ ИОНОВ ПРИ СТОЛКНОВЕНИЯХ С МОЛЕКУЛАМИ

Сидоров Д.Б.

ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова», Архангельск, e-mail: d.sidorov@narfu.ru

В статье на основе приближения эйконала развит общий метод расчёта эффективного торможения быстрых ионов при кратных столкновениях с молекулами. Преимуществом данного метода по сравнению с ранее используемым в известных ранее работах является то, что данный метод не нуждается в применении процедуры разбития плоскости параметров удара на области и проведения процедуры так называемой «сшивки». Наш метод позволяет получить более естественное и адекватное поведение эффективного торможения при изменении параметров задачи (зарядов частиц и их энергий), в отличие от работ, в которых расчет проводился по теории возмущений. На основе приближения эйконала получены формулы для эффективного торможения на двухатомной молекуле. Исследована зависимость эффективного торможения водородоподобного иона при столкновении с двухатомной молекулой. Получена относительная поправка, имеющая смысл вклада в полное торможение эффекта кратности столкновений. На графиках показано, что учет кратности столкновений вносит вклад в полное торможение. Исследована зависимость эффективного торможения от угла ориентации оси многоатомной молекулы относительно направления движения иона. Показано что при значениях угла меньше 0,1 необходимо учитывать эффект кратности. Определён переходной угол, фигурирующий в аналитических формулах угловой зависимости.

Ключевые слова: атом, молекула, структурный ион, эффектиное торможение, столкновение, эйкональная фаза, кратные столкновения

EFFECTIVE STOPPING OF FAST HIDROGEN-LIKE IONS IN COLLISION WITH MOLECULES

Sidorov D.B.

Northern (Arctic) Federal University named afterM.V. Lomonosov, Arkhangelsk, e-mail: d.sidorov@narfu.ru

In the article, based on the eikonal approximation, a general method is developed for calculating the effective stopping of fast ions in multiple collisions with molecules. The advantage of this method in comparison with previously used in the previously known works is that this method does not need to apply the procedure for breaking the plane of impact parameters into regions and performing the so-called «cross-linking» procedure. Our method allows us to obtain a more natural and adequate behavior of effective inhibition when the parameters of the problem change (particle charges and their energies), in contrast to the work in which the calculation was carried out by perturbation theory. On the basis of the eikonal approximation, formulas are obtained for effective braking on a diatomic molecule. The dependence of the effective inhibition of a hydrogen-like ion upon collision with a diatomic molecule is investigated. A relative popping is obtained, which has the meaning of a contribution to the total deceleration of the collision multiplicity effect. The graphs show that accounting for the multiplicity of collisions contributes to total inhibition. The dependence of effective inhibition on the orientation angle of the axis of a polyatomic molecule relative to the direction of ion motion is investigated. It is shown that for angles less than 0.1, the multiplicity effect must be taken into account. The transition angle, which appears in the analytical formulas for the angular dependence, is determined.

Keywords: atom, molecule, structural ion, effective stopping, collision, eikonal phase, multiple collisions

Особый интерес представляет изучение потерь энергии при столкновении ионов с молекулярными мишенями. Такие процессы были рассмотрены теоретически в работах [1, 2] также с использованием приближения эйконала и метода сшивки, и было отмечено присутствие так называемого эффекта кратности столкновения. Суть этого эффекта заключается в значительном увеличении эффективного торможения иона в случае, когда ось молекулы параллельна направлению движения иона, по сравнению со случаем торможения на отдельных атомах молекулы. Данный эффект был рассчитан численно в [1, 2] с использованием приближения эйконала в виде, аналогичном приближению внезапных возмущений. Но ввиду ограничений на область применения этого метода расчёты торможения пришлось совмещать с методом сшивки. Путём комбинации двух расчётных методов авторам удалось получить достаточно простые аналитические формулы для расчёта эффективного торможения иона на двухатомной молекуле. Ими была рассчитана зависимость эффективного торможения от угла выстроенности оси молекулы. Но что для расчёта использовался метод сшивки, графики при малых и больших углах выстроенности получались разные и принципиально не стыковались друг с другом. Для их стыковки был предложен простой метод, заключающийся в введении функции, плавно переводящей один график в другой.

Целью данной работы было проверить достоверность результатов, полученных в [1] и [2] с использованием метода сшивки. В данной работе представлен расчёт эффективного торможения иона в рамках приближения эйконала, но без использования метода сшивки. В этом случае эффективное торможение можно сосчитать только численно.

Расчет торможения иона на молекуле

Рассмотрим рассеяние одноэлектронного иона с зарядом ядра Z на двухатомной молекуле с зарядовыми числами атомов Z_1 и Z_2. Положение иона относительно атомов задается векторами b_1 и b_2, а положение атомов относительно друг друга – вектором R. Угол выстроенности оси молекулы вдоль скорости иона v обозначен как θ. Таким образом для величин R, L и θ выполняется соотношение

$$L = R\sin(\theta). \qquad (1)$$

Здесь мы будем рассчитывать только ту часть торможения, которая связана с переходами в оболочках иона – κ_p. Исследование именно этой части торможения наиболее интересно при кратных столкновениях.

Получим выражение для эффективного торможения. Подобный расчет был получен в работе [1]. В частности, было показано, что эффективное торможение иона может быть представлено в следующем виде:

$$\kappa = \kappa_1 + \kappa_2 + \Delta\kappa, \qquad (2)$$

где κ_j имеет смысл эффективного торможения иона на отдельном j-м атоме молекулы (j = 1,2), а Δκ – поправка, учитывающая интерференционный вклад кратных последовательных столкновений иона с атомами молекулы. Ранее было установлено что поправка Δκ зависит от угла θ выстроенности молекулы.

Эффективное торможение иона при столкновении с молекулой можно расчитать по формуле из [3]

$$\kappa = \sum_n (\varepsilon_n - \varepsilon_0)\sigma_n, \qquad (3)$$

где ε_n и ε_0 – энергии возбужденного и основного состояний электрона снаряда, σ_n – сечение соответствующего неупругого перехода. Как и ранее, согласно приближению эйконала, сечение σ_n может быть записано в виде

$$\sigma_n = \frac{1}{k^2}\int |f_{n0}|^2\, d^2q, \qquad (4)$$

где $q = k_2 - k_1$, k_1 и k_2 – импульсы до и после рассеяния ($|k_1| \approx |k_2| \approx k$), интегрирование по q в (4) ведется от $q_{\min} = (\varepsilon_n - \varepsilon_0)/v$ до $q_{\max} = 2v$, v – скорость иона, $f_{n0} = \langle n|f|0\rangle$ – амплитуда неупругого рассеяния иона на молекуле,

$$f = \frac{ik}{2\pi}\int e^{-iqb}\left(1 - e^{i\chi}\right) d^2b = ikI(q), \qquad (5)$$

$$\chi = -\int_{-\infty}^{+\infty} U(R, r)\,dt, \qquad (6)$$

где b – параметр удара иона относительно центра масс молекулы, $U(R, r)$ – энергия взаимодействия иона с молекулой. Следуя [1] и [2] представим U в виде суммы U_1 и U_2, где U_j – энергия взаимодействия иона с j-й атомом молекулы (рассчитывалась в рамках модели Дирака – Хартри – Фока – Слейтера (ДХФС) [4]). С учетом сказанного, эйкональная фаза (6) примет вид $\chi = \chi_1 + \chi_2$, где

$$\chi_j(|b_j + s|) = \frac{2Z_j}{v}\sum_i A_i K_0(\alpha_i |b_j + s|). \qquad (7)$$

Здесь Z_j – заряд ядра j-го атома молекулы, A_i и α_i – коэффициенты модели ДХФС для j-го атома молекулы, K_0 – функция Макдональда, b_j – параметр удара иона относительно j-го атома молекулы, s – проекция координаты r электрона иона на плоскость параметра удара. Учитывая, что

$$1 - e^{i\chi} = \left(1 - e^{i\chi_1}\right) + \left(1 - e^{i\chi_2}\right) - \\ -\left(1 - e^{i\chi_1}\right)\left(1 - e^{i\chi_2}\right). \qquad (8)$$

Амплитуда (5) может быть представлена в виде

$$f = f_1 + f_2 + \Delta f, \qquad (9)$$

где f_j – амплитуда рассеяния иона на j-м атоме молекулы

$$f_j = \frac{ik}{2\pi}\int e^{-iqb}\left(1 - e^{i\chi_j}\right) d^2b = ikI_j(q), \qquad (10)$$

$$I_j(q) = e^{is - L_j}\int_0^{\infty} J_0(qb)\left(1 - e^{i\chi_j(b)}\right) b\,db = \\ = e^{iq(s - L_j)} a_j(q), \qquad (11)$$

где L_j – проекция радиус-вектора j-го атома относительно центра масс молекулы на плоскость параметра удара, а

$$\Delta f = -\frac{ik}{2\pi}\int e^{-iqb}\left(1 - e^{i\chi_1}\right)\left(1 - e^{i\chi_2}\right) d^2b \qquad (12)$$

– интерференционная поправка к амплитуде, учитывающая вклад обоих атомов молекулы. В результате эффективное торможение (3) иона при столкновении с двухатомной молекулой с учётом (12) может быть записано в аналогичной форме

$$\kappa = \kappa_1 + \kappa_2 + \Delta\kappa, \quad (13)$$

где κ_j – имеет смысл эффективного торможения иона на отдельном j-м атоме молекулы, а $\Delta\kappa$ – поправка, учитывающая интерференционный вклад кратных последовательных столкновений иона с атомами молекулы. Величины κ и κ_j рассчитываются по формулам

$$\kappa = \frac{1}{2}\int_{q_{эфф}}^{q_{\max}}\int_0^{2\pi} |I(q)|^2 q^3 dq d\varphi, \quad (14)$$

$$\kappa_j = \frac{1}{2}\int_{q_{эфф}}^{q_{\max}}\int_0^{2\pi} |I_j(q)|^2 q^3 dq d\varphi =$$

$$= \pi\int_{q_{эфф}}^{q_{\max}} |a_j(q)|^2 q^3 dq. \quad (15)$$

Здесь интегрирование по q ведётся в интервале от $q_{эфф}$ до $q_{\max}$, где $q_{эфф}$ – эффективное значение минимального передаваемого импульса, аналогичное эффективному заряду из работы [5]. Согласно формулам (13)–(15), величины κ и $\Delta\kappa$ будут зависеть от ориентации оси молекулы относительно направления скорости иона, т.е. от угла выстроенности θ.

Для исследования зависимости $\Delta\kappa(\theta)$ удобно ввести относительное торможение

$$\xi = \kappa/(\kappa_1 + \kappa_2) = 1 + \Delta\kappa/(\kappa_1 + \kappa_2). \quad (16)$$

Проанализировав формулы, можно вывести более простую формулу для расчета поправки $\Delta\kappa$. Учитывая (13)–(15), имеем

$$|I|^2 = |I_1 + I_2 + \Delta I|^2 = |I_1|^2 + |I_2|^2 + \delta I, \quad (17)$$

где

$$\delta I = 2Re(I_1 I_2^*) + 2Re((I_1 + I_2)\Delta I^*) + |\Delta I|^2. \quad (18)$$

Анализ формулы (18) показывает, что основной вклад в δI дает первое слагаемое, поэтому приближенно можно считать, что

$$\Delta\kappa = Re\int_{q_{эфф}}^{q_{\max}}\int_0^{2\pi} I_1(q) I_2^*(q) q^3 dq d\varphi =$$

$$= 2\pi\int_{q_{эфф}}^{q_{\max}} J_0(qL) Re[a_1(q) a_2^*(q)] q^3 dq. \quad (19)$$

В случае одинаковых атомов в молекуле ($Z_1 = Z_2$) формула (19) упрощается к виду

$$\Delta\kappa = 2\pi\int_{q_{эфф}}^{q_{\max}} J_0(qL) |a_1(q)|^2 q^3 dq, \quad (20)$$

а суммарное эффективное торможение (13) на молекуле равно

$$\kappa = 2\pi\int_{q_{эфф}}^{q_{\max}} \left(1 + J_0(qL)\right) |a_1(q)| q^3 dq. \quad (21)$$

Из формулы (21) явно видно, что в этом приближении при малых $\theta(L \to 0)$ торможение на всей молекуле κ будет ровно в 2 раза больше суммарного торможения $2\kappa_1$ на двух отдельных атомах $\xi(\theta = 0) = 2$.

Торможение на многоатомных молекулах

Наиболее актуальными в настоящее время являются процессы торможения и потерь энергии на многоатомных системах, в том числе и таком объекте, как нанотрубки.

Рассмотрим торможение водородоподобного иона на линейной многоатомной молекуле. Будем искать амплитуду рассеяния в виде

$$f = \frac{ik}{2\pi}\int e^{-iqb}\left(1 - e^{i\chi}\right) d^2 b = ikI(q), \quad (22)$$

$$\chi = \sum_{j=1}^{N} \chi_j(|b_j + s|) = \sum_{j=1}^{N} \frac{2Z_j}{v} \sum_i A_i K_0(\alpha|b_j + s|). \quad (23)$$

1. Если $N = 2$

$$\chi = \chi_1 + \chi_2,$$

$$1 - e^{i(\chi_1 + \chi_2)} = 1 - e^{i\chi_1} e^{i\chi_2} = 1 - e^{i\chi_1} + 1 - e^{i\chi_2} - (1 - e^{i\chi_1})(1 - e^{i\chi_2}). \quad (24)$$

Пусть $\Gamma = 1 - e^{i(\chi_1 + \chi_2)}$; $\Gamma_j = 1 - e^{i\chi_j}$, тогда

$$\Gamma = \Gamma_1 + \Gamma_2 - \Gamma_1\Gamma_2. \quad (25)$$

2. Если $N = 3$

$$\chi = \chi_1 + \chi_2 + \chi_3$$

То есть

$$\Gamma = \Gamma_1 + \Gamma_2 + \Gamma_3 - \Gamma_1\Gamma_2 - \Gamma_2\Gamma_3 - \Gamma_3\Gamma_1 + \Gamma_1\Gamma_2\Gamma_3. \quad (26)$$

3. В общем случае

$$\chi = \sum_{j=1}^{N} \chi_j , \tag{27}$$

$$\Gamma = (1 - e^{i\chi}); \Gamma_j = (1 - e^{i\chi_j}), \tag{28}$$

$$\Gamma = \sum_{j=1}^{N} \Gamma_j - \sum_{j,k=1, j<k}^{N} \Gamma_j \Gamma_k + ... + (-1)^{N+1} \Gamma_1 \Gamma_2 ... \Gamma_N . \tag{29}$$

так как

$$f = \frac{ik}{2\pi} \int e^{-iqb} \Gamma d^2 b = ikI(q), \tag{30}$$

то

$$f = \sum_{j=1}^{N} f_j + \Delta f, \tag{31}$$

где

$$f_j = \frac{ik}{2\pi} \int e^{-iqb} \Gamma_j d^2 b = \frac{ik}{2\pi} \int e^{-iqb} \left(1 - e^{i\chi_j}\right) d^2 b = ikI_j(q), \tag{32}$$

$$I_j(q) = e^{iq(s-L_j)} \int_0^{\infty} J_0(qb)(1 - e^{i\chi_j(b)}) bdb = e^{iq(s-L_j)} a_j(q). \tag{33}$$

Вернемся к торможению

$$\kappa = \frac{1}{2} \int_{q_{\min}}^{q_{\max}} \int_0^{2\pi} | I(q) |^2 \, q^3 dq d\varphi, \tag{34}$$

$$\kappa_j = \frac{1}{2} \int_{q_{\min}}^{q_{\max}} \int_0^{2\pi} | I_j(q) |^2 \, q^3 dq d\varphi = \pi \int_{q_{\min}}^{q_{\max}} | a_j(q) |^2 \, q^3 dq. \tag{35}$$

Тогда

$$I = \sum_{j=1}^{N} I_j + \Delta I, \text{ где } \Delta f = ik \Delta I. \tag{36}$$

Тогда

$$| I |^2 = \sum_{j=1}^{N} | I_j |^2 + \delta I, \tag{37}$$

где

$$\delta I = 2 \sum_{j,k=1, j<k}^{N} Re(I_j I_k^*) + 2Re(\sum_{j=1}^{N} I_j \Delta I^*) + | \Delta I |^2 . \tag{38}$$

Основной вклад в δI даёт первое слагаемое, т.е.

$$\delta I \approx 2Re\left(\sum_{j,k=1, j<k}^{N} I_j I_k^* \right). \tag{39}$$

С учетом этого, например, для $N = 3$ имеем

$$| I |^2 \approx | I_1 |^2 + | I_2 |^2 + | I_3 |^2 + 2Re(I_1 I_2^*) + 2Re(I_2 I_3^*) + 2Re(I_3 I_1^*). \tag{40}$$

В результате

$$\kappa = \sum_{j=1}^{N} \kappa_j + \Delta\kappa, \tag{41}$$

где

$$\Delta\kappa = \frac{1}{2} \int_{q_{эфф}}^{q_{\max}} \int_0^{2\pi} \delta I q^3 dq d\varphi = \sum_{j,k=1, j<k}^{N} \mathrm{Re} \int_{q_{эфф}}^{q_{\max}} \int_0^{2\pi} I_j(q) I_k^*(q) q^3 dq d\varphi = \sum_{j,k=1, j<k} \Delta\kappa_{jk} , \tag{42}$$

$$\Delta\kappa_{jk} = Re\int_{q_{эфф}}^{q_{\max}}\int_0^{2\pi} I_j(q) I_k^*(q) q^3 dq d\varphi = 2\pi\int_{q_{эфф}}^{q_{\max}} J_0(qL_{jk}) Re[a_j(q) a_k^*(q)] q^3 dq, \quad (43)$$

где $L_{jk} = | L_k - L_j |$ – расстояние между j-м и k-м ядрами молекулы в проекции на плоскость параметра удара. В данном случае – $L_{jk} = R_{jk}\sin\theta$.

Так, при $N = 3$, имеем

$$\Delta\kappa = \Delta\kappa_{12} + \Delta\kappa_{23} + \Delta\kappa_{31}. \quad (44)$$

Пусть молекула состоит из одинаковых атомов, находящихся на одинаковом расстоянии друг от друга (цепочка атомов). Параметры цепочки $L = R\sin\theta$, $Z_1 = Z_2 = ... = Z_N = Z$, $a_1 = a_2 = ... = a_N = a$.

В этом случае

$$\Delta\kappa = \sum_{j,k=1,\, j<k}^{N} \Delta\kappa_{jk}, \quad \Delta\kappa = 2\pi\int_{q_{эфф}}^{q_{\max}} J_0(qL_{jk}) | a_{jk}(q) |^2 q^3 dq. \quad (45)$$

Для расчета Δк нужно перебрать все пары атомов в «молекуле».

1. Смотрим пары атомов, находящихся друг от друга на расстоянии L. Их $(N - 1)$ пар. Их общий вклад в поправку Δк будет равен

$$(N-1)\cdot\Delta\kappa_1, \text{ где } \Delta\kappa_1 = 2\pi\int_{q_{\min}}^{q_{\max}} J_0(qL) | a(q) |^2 q^3 dq. \quad (46)$$

2. Смотрим пары на расстоянии $2L$. Их $(N - 2)$ пара. Их общий вклад в Δк равен

$$(N-2)\cdot\Delta\kappa_2, \text{ где } \Delta\kappa_2 = 2\pi\int_{q_{\min}}^{q_{\max}} J_0(q\cdot 2L) | a(q) |^2 q^3 dq. \quad (47)$$

3. Смотрим пары на расстоянии $n\cdot L$. Их $(N - n)$ пара. Их общий вклад в Δк равен

$$(N-n)\cdot\Delta\kappa_n, \text{ где } \Delta\kappa_n = 2\pi\int_{q_{\min}}^{q_{\max}} J_0(q\cdot nL) | a(q) |^2 q^3 dq, \quad (48)$$

где $n = 1, 2, ..., N-1$.

Тогда

$$\Delta\kappa = \sum_{n=1}^{N-1}\Delta\kappa_n = 2\pi\int_{q_{\min}}^{q_{\max}} H(q, L, N) | a(q) |^2 q^3 dq, \quad (49)$$

где

$$H(q, L, N) = \sum_{n=1}^{N-1}(N-n) J_0(q\cdot n\cdot L). \quad (50)$$

Эффективный переданный импульс $q_{эфф}$ находим в общем случае

$$\sum_{j=1}^{N}\kappa_j = \pi\int_{q_{\min}}^{q_{\max}}\sum_{j=1}^{N} | a_j(q) |^2 q^3 dq, \quad (51)$$

где $\kappa_j = \kappa_j^{дискр} + \kappa_j^{непрер}$. Поправку на ориентационный эффект рассчитаем по прежней формуле

$$\xi = \frac{\kappa}{\sum_{n=1}^{N}\kappa_n} = 1 + \frac{\Delta\kappa}{\sum_{n=1}^{N}\kappa_n}. \quad (52)$$

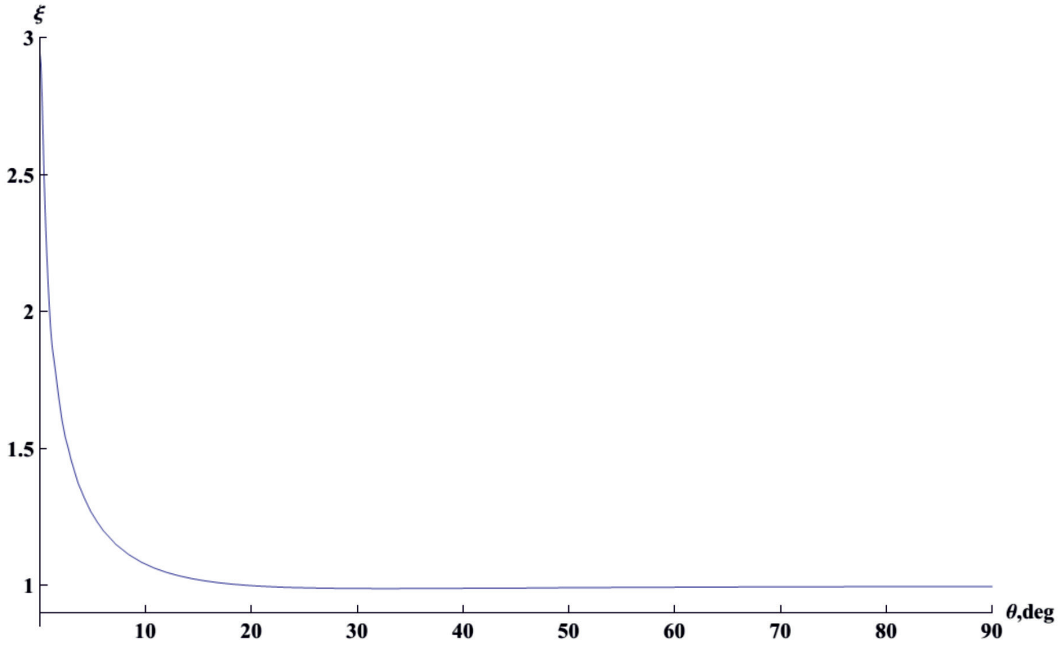


Рис. 1. Зависимость относительного эффективного торможения иона Li^{+2} на молекуле CO_2 от угла выстроенности при 150 МэВ/нукл

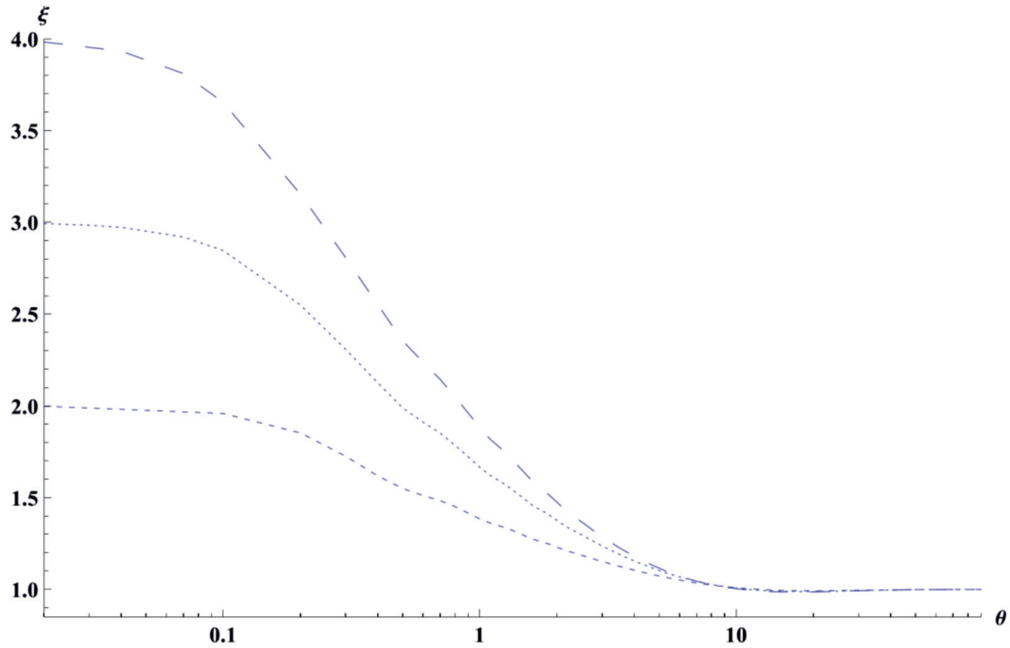


Рис. 2. Зависимость относительного эффективного торможения иона He^{+} на цепочке из атомов С от угла выстроенности при 150 МэВ/нукл. Крупный пунктир – цепочка из 4 атомов углерода, средний пунктир – цепочка из 2-х атомов углерода, а мелкий пунктир – цепочка из 3-х атомов С

Результаты расчетов торможения на многоатомных молекулах

Как видно из графика на рис. 2, при угле выстроенности $\theta = 0$ торможение на цепочке из N-атомов в N раз больше суммарного торможения на отдельных атомах, т.е. в N^2 раз больше торможения на одном атоме. В нашем случае $N = 2, 3, 4$. Также из рис. 2 видно, что характер зависимости $\xi(\theta)$ в сравнении с предыдущими расчётами в целом остался таким же – при уменьшении угла θ величина $\xi(\theta)$ стремится к своему максимальному значению. Однако стоит отметить, что согласно нашим расчётам переход к значению теперь происходит при другом значении угла θ в отличие от значения, полученного ранее в работе [1] в рамках метода сшивки.

Выводы

В работе на основе приближения эйконала развит общий метод расчёта эффективного торможения быстрых ионов на многоатомных молекулах. В рамках данного метода была исследована зависимость эффективного торможения водородоподобного иона на молекуле от энергии налетающей частицы.

Рассмотрены потери энергии быстрых водородоподобных ионов при столкновениях с молекулами (в том числе многоатомными). Исследована зависимость эффективного торможения иона на молекуле от угла выстроенности её оси относительно скорости иона. Получено, что учёт кратности столкновений приводит к увеличению эффективного торможения иона в случае, когда ось молекулы параллельна направлению движения иона. Кратность же увеличения торможения зависит от числа атомов в молекуле.

Список литературы

1. Матвеев В.И. Потери энергии быстрыми структурными ионами при кратных столкновениях с двухатомными молекулами / В.И. Матвеев, Е.С. Гусаревич, С.В. Рябченко, Д.Н. Макаров // Письма в Журнал экспериментальной и теоретической физики. – 2008. – Т. 88, № 4. – С. 268–275.

2. Матвеев В.И. Эффективное торможение быстрых тяжелых структурных ионов при кратных столкновениях с молекулами и наночастицами / В.И. Матвеев Е.С. Гусаревич, Д.Н. Макаров // Журнал экспериментальной и теоретической физики. – 2009. – Т. 136, № 5 (11). – С. 843–852.

3. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Квантовая механика (нерелятивистская теория): учебник для студ. физ. спец. ун-тов. – Издание 6-е. – М.: Физматлит, 2016. – 800 с.

4. Analytical Dirac-Hartree-Fock-Slater screening function for atoms (Z = 1-92) / F. Salvat, J.D. Martinez, R. Mayol, J. Parellada // Physical Review A. – 1987. – Vol. 36. – P. 467.

5. Гусаревич Е.С. Влияние заряда ядра быстрого структурного иона на его внутреннее торможение при столкновениях с атомами // Журнал экспериментальной и теоретической физики. – 2017. – Т.151, № 2. – С. 230–235.

УДК 66.092

ТЕРМОЛИЗ МЕХАНООБРАБОТАННОГО БУРОГО УГЛЯ В СРЕДЕ СВЕРХКРИТИЧЕСКИХ РАСТВОРИТЕЛЕЙ

Копытов М.А., Головко А.К.

ФГБУН «Институт химии нефти» Сибирского отделения Российской академии наук, Томск, e-mail: kma@ipc.tsc.ru

Изучено влияние механоактивационной обработки и последующего термолиза в среде сверхкритических растворителей на конверсию бурого угля в жидкие продукты. Был изучен состав полученных жидких и газообразных продуктов. Наибольший выход жидких продуктов – 7,99 % мас. наблюдается после механообработки и последующего термолиза угля в среде сверхкритической воды. При термолизе в докритических условиях в воде выход составляет 6,31 % мас. Проведение термолиза без предварительной механоактивации угля приводит к снижению выхода продуктов. Кроме увеличения выхода жидких продуктов механоактивационная обработка заметно влияет на состав получаемых продуктов. Механоактивация позволяет увеличить выход масел и снизить выход смол и асфальтенов. Так же на состав продуктов влияет растворитель, в котором проводился термолиз. Проведение механоактивации и последующего термолиза в изопропиловом спирте позволяет увеличить содержание масел в продуктах до 71,04–75,04 % мас. и снизить содержание смол (21,82–24,57 % мас.) и асфальтенов (3,44–4,39 % мас.). Из данных состава газообразных продуктов видно, что при термолизе угля в среде воды образуется значительное количество углекислого газа (от 82,0 до 92,1 % об.), метана (от 3,2 до 10,2 % об.) и водорода (от 0,67 до 4,20 % об.). При термолизе в среде изопропилового спирта снижается выход углекислого газа и водорода, но существенно увеличивается выход пропилена от 36,2 до 71,5 % об., что объясняется деструкцией изопропилового спирта. Таким образом, показано, что на конверсию угля влияет как предварительная механообработка, так и среда проведения термолиза.

Ключевые слова: механоактивация, бурый уголь, термолиз, продукты термолиза, битумоид, сверхкритические растворители, экстракция

THERMOLYSIS OF MECHANO-PROCESSED BROWN COAL IN THE MEDIUM OF SUPERCRITICAL SOLVENTS

Kopytov M.A., Golovko A.K.

Institute of Petroleum Chemistry, SB of the Russian Academy of Sciences, Tomsk, e-mail: kma@ipc.tsc.ru

The influence of mechanoactivation treatment and subsequent thermolysis in a medium of supercritical solvents on the conversion of brown coal into liquid products is studied. The composition of the resulting liquid and gaseous products was studied. The greatest yield of liquid products is 7,99 % by weight. is observed after machining and subsequent thermolysis of coal in a supercritical water environment. Under thermolysis under subcritical conditions in water, the yield is 6,31 % by weight. Carrying out thermolysis without preliminary mechanoactivation of coal leads to a decrease in the yield of products. In addition to increasing the yield of liquid products, mechanoactivation significantly affects the composition of the products obtained. Mechanoactivation can increase the yield of oils and reduce the yield of resins and asphaltenes. The composition of the products is also affected by the solvent in which thermolysis was carried out. Carrying out mechanoactivation and subsequent thermolysis in isopropyl alcohol allows to increase the content of oils in products to 71,04 – 75,04 % mass. and to reduce the tar content (21,82 – 24,57 % by weight) and asphaltenes (3,44-4,39 % by weight). From the composition data of gaseous products, it can be seen that during thermolysis of coal in a water environment, a significant amount of carbon dioxide (from 82,0 to 92,1 % by volume), methane (from 3,2 to 10,2 % by volume) and hydrogen from 0,7 to 4,2 % by volume). Thermolysis in isopropyl alcohol reduces the yield of carbon dioxide and hydrogen, but significantly increases the yield of propylene from 36,2 to 71,5 % by volume, which is explained by the destruction of isopropyl alcohol. Thus, it is shown that the conversion of coal is affected both by the preliminary machining and by the thermolysis medium.

Keywords: mechanoactivation, brown coal, thermolysis, thermolysis products, bitumen, supercritical solvents, extraction

Уголь является одним из крупнейших источников органического сырья, мировые запасы которого превосходят запасы нефти и газа [1].

Важность изучения твёрдых горючих ископаемых определяется тем, что они являются не только основным источником энергии, но и могут быть ценным химическим сырьём [2]. Поиск альтернативных способов использования и переработки угля остается актуальным и по сей день, что связано с постоянным ростом потребления углеводородного сырья и постепенным истощением запасов лёгкоизвлекаемых нефтей [3]. В связи с этим в перспективе потребление угля и продуктов его переработки будет неуклонно расти.

Перспективным способом переработки и облагораживания углей является сверхкритическая флюидная экстракция, термическое растворение углей и другие термические процессы в среде различных растворителей. Одним из способов повышения эффективности данных процессов является механоактивационная обработка, которая является одним из целесообразных способов стимулирования термических превращений угля. Известно, что при интенсивном механическом воздействии происходят заметные структурные изменения органической массы угля, ведущие к увеличению его реакционной способности [4, 5].

Целью работы являлось изучение влияния механоактивационной обработки и последующего термолиза бурого угля в среде докритических и сверхкритических растворителей на его конверсию в жидкие продукты.

Материалы и методы исследования

В качестве объекта исследования взят бурый уголь Жиганского месторождения (Ленский угольный бассейн). Выбранный уголь имеет следующие исходные характеристики: W^a – 13,0–18,2%; A^d – 8,4–13,9%; V^{daf} – 40,9–45,5%; Q_s^{daf} – 26,9–27,5 МДж/кг; R_o – 0,46 – 0.50%, d_r – 1,50–1,60 г/см^3, определённые авторами данной статьи ранее [6]. Уголь предварительно механически измельчили и отобрали фракцию с размером частиц 0,16–0,31 мм. Затем измельчённый уголь гомогенизировали и высушили при температуре 110°С.

Исходный уголь перед проведением термолиза в ряде экспериментов дополнительно подвергали механоактивационной обработке (МО). МО проводили на планетарно-центробежной мельнице АГО-2, скорость вращения 1395 об/мин, продолжительность обработки составляла 10 минут. Измельчение проводили в барабанах объёмом 100 мл, в качестве измельчающего тела использовали стальные шары диаметром 6 мм, объём которых составлял около 30% от объёма ячейки, уголь загружали в количестве 30–40% от объёма ячейки. Ячейку после загрузки угля и шаров продували аргоном через специальный клапан. Размер частиц, получаемых после МО, составлял около $2–4\cdot10^{-6}$ мм (определяли с помощью оптического микроскопа).

В табл. 1 приведены данные по элементному составу высушенного гомогенизированного исходного угля и МО на шаровой мельнице АГО-2. После проведения МО в исследуемом угле снижалась доля кислорода с 22,59 до 21,69% мас. и углерода с 61,22 до 60,82% мас., при этом несколько возрастало содержание водорода с 4,94 до 5,31% мас., что объясняется разрушением органической массы угля с образованием газообразных продуктов (главным образом углекислого газа). Содержание значительного количества углекислого газа (до 77,0% об.) в газообразных продуктах МО угля указывает на протекание процессов декарбоксилирования кислородсодержащих функциональных групп органической массы угля (–COOH и –COOR), что приводит к снижению доли кислорода в МО угле (см. элементный состав в табл. 1).

Термогравиметрический анализ (ТГА) угля проводили в среде гелия на дериватографе Q-1000 фирмы МОМ (Венгрия), навеска образца составляла 0,1 г. Нагрев образца проводили от 25 до 1000°С со скоростью 10°С / мин. Данные ТГА гомогенизированного исходного угля представлены на рисунке, из которого видно, что наиболее интенсивно деструкция угля протекает при температуре более 370°С. Деструкция угля завершается при температуре более 880°С, остаток после деструкции составляет около 15% мас., что соотносится с таким показателем, как зольность (A^d = 8,4–13,9%) из табл. 1.

В качестве растворителей для проведения термолиза угля были выбраны вода и изопропиловый спирт (ИПС). Выбор воды в качестве среды обусловлен тем, что в сверхкритическом состоянии (при температуре выше 374°С и давлении более 20 МПа [7]) резко возрастает ее растворяющая способность по отношению к органическим веществам. Сверхкритическая вода выступает не только в роли растворителя и среды для осуществления процесса термолиза, но и проявляет химическую активность [8–10].

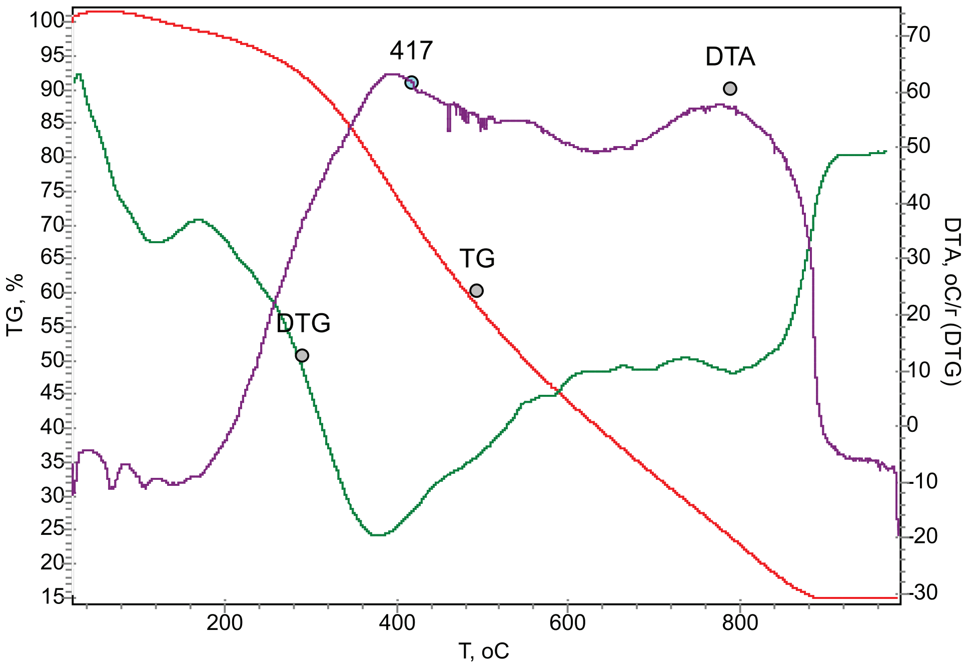
Выбор ИПС обусловлен его высокой реакционной способностью, он может выступать в роли алкилирующего агента [11, 12] при достаточно мягких условиях. Сверхкритические условия для данного растворителя: температура – 235°С, давление – 4,76 МПа [7].

Таблица 1

Характеристики исходного и механообработанного угля

Показатели	Значения	
	Исходный уголь	МО в аргоне
*Выход хлороформенного битумоида, % мас.	0,283	0,578
Фракция, мм	0,16–0,31	$2–4\cdot10^{-6}$
Элементный состав, % мас. на daf:		
сера	0,18	0,17
азот	1,30	1,29
углерод	61,22	60,82
водород	4,94	5,31
кислород	22,59	21,69
Атомное отношение		
H/C	0,96	1,04
O/C	0,28	0,27

П р и м е ч а н и е .* – выход хлороформенного битумоида определяли после измельчения, сушки и гомогенизации угля.



Данные термогравиметрического анализа высушенного и гомогенизированного исходного угля

После подготовки угля (гомогенизация и в ряде экспериментов МО) проводили термолиз угля в среде ИПС или воды в лабораторном реакторе высокого давления периодического типа фирмы Autoklav Engineers (США) с пропеллерной мешалкой и объёмом 100 см^3. В реактор вносили 35,0 г угля и добавляли расчётное количество растворителя для достижения сверхкритических или докритических условий, через газовую линию продували реактор аргоном. Процесс проводили в течение 30 минут после достижения заданных условий (температура и давление) и постоянном перемешивании (1000 об./мин).

Термолиз угля в среде воды проводили при 380 °C (при условиях сверхкритической воды) и 360 °C (докритические условия), в среде изопропилового спирта были выбраны соответственно температуры – 242 и 230 °C.

После проведения термолиза реактор охлаждали до 25 °C, через кран на газоотводящей трубке отбирали газообразные продукты. После отбора газа содержимое реактора выгружали, продукты термолиза экстрагировали хлороформом на делительной воронке и методом центрифугированием отделяли нерастворимый твёрдый осадок.

Физико-химические показатели продуктов термолиза (вещественный состав, состав газообразных продуктов) определяли по методикам, традиционно применяемым в практике нефтяного анализа. Содержание асфальтенов, смол и масел в продуктах термолиза определяли по стандартной методике (СТО 1246-2011). Для осаждения асфальтенов пробу полученных продуктов разбавляли н-гексаном в объемном соотношении 1:40, выдерживая раствор в тёмном месте в течение суток, отфильтровывая выпавший осадок (асфальтены). Полученный осадок помещали в бумажный патрон и в аппарате Сокслета отмывали его н-гексаном от масел и смол, затем асфальтены из патрона вымывали хлороформом, отгоняли растворитель и сушили до постоянной массы.

Гексановый раствор из аппарата Сокслета присоединяли к деасфальтенизированному образцу, отгоняли избыток растворителя на роторном испарителе и наносили на слой активированного силикагеля марки АСК (соотношение 1:15), затем загружали полученную смесь силикагеля с адсорбированным материалом в экстрактор Сокслета и последовательно вымывали сначала масла н-гексаном и затем смолы смесью этанола и бензола. После удаления растворителя из элюата устанавливали содержание в изучаемом образце силикагелевых смол.

Содержание углерода, водорода, азота и кислорода определяли на элементном анализаторе Vario EL Cube, производство Германии. Газообразные продукты анализировали на хроматографе Кристалл-5000.

Результаты исследования и их обсуждение

Условия эксперимента (температура процесса, среда, предварительная МО угля) и состав продуктов, полученных в ходе термолиза, представлены в табл. 2. Из данных таблицы видно, что на выход продуктов влияют как среда, так и способ предварительной обработки угля (механоактивационная обработка). Наибольший выход продуктов наблюдается при термолизе в сверхкритической воде МО угля, конверсия при данных условиях составляет около 7,99 %. Термолиз МО угля в докритических условиях (в среде воды) позволяет достигнуть конверсии не более 6,31 %. Более высокая конверсия в водной среде объясняется как более высокой температурой процесса (из данных ТГА следует, что наиболее активно деструкция органической массы угля протекает при температуре более 370 °С), так и физико-химическими особенностями растворителя.

При проведении термолиза не МО исходного угля в сверхкритических и в докритических условиях (растворитель – вода) выход продуктов снижается (в сравнении с термолизом МО угля) более чем в 2,2–3,6 раз и соответственно составляет 3,62 и 1,74 % мас.

В среде изопропанола максимальный выход жидких продуктов составляет 5,26 % мас. при термолизе МО угля в сверхкритических условиях. Использование не МО угля и термолиз в докритических условиях так же приводят к снижению выхода продуктов.

Кроме увеличения выхода продуктов, предварительная МО угля заметно влияет на состав получаемых продуктов. В продуктах конверсии МО угля увеличивается доля масел и снижается доля смол и асфальтенов (табл. 2).

На состав продуктов кроме МО также влияют и свойства растворителя, в котором проводится термолиз. Наибольший выход масел наблюдается при термолизе МО угля в среде ИПС, в данном случае содержание масел в продуктах составляет от 71,04 до 75,04 % мас., а содержание смол снижается до 21,82–24,57 % мас., асфальтенов до 3,44–4,39 % мас. Увеличение доли масел объясняется алкилирующей способностью ИПС при данных условиях [13]. А наиболее низкий выход масел и высокий выход асфальтенов в продуктах наблюдается при термолизе не МО угля в докритических условиях. Например, при термолизе в водной среде в докритических условиях не МО угля доля масел в получаемых продуктах составляет не более 33 % мас., асфальтенов более 37 % мас., смол более 28 % мас. (табл. 2).

Таким образом, из представленных в табл. 2 данных видно, что проведение термолиза в среде сверхкритических растворителей в сравнении с докритическими условиями позволяет увеличить в продуктах долю масел и снизить содержание смол и асфальтенов.

Из данных состава газообразных продуктов (табл. 2) видно, что в среде воды в сравнении с ИПС при термолизе угля образуется значительное количество углекислого газа, метана и водорода. Содержание углекислого газа колеблется от 82,0 до 92,1 % об., метана от 3,2 до 10,2 % об. и водорода от 0,67 до 4,20 % об. Более высокий выход углекислого газа, водорода и метана объясняется ещё и более высокой температурой процесса (в сравнении с термолизом в среде изопропилового спирта), что способствует протеканию процессов декарбоксилирования органической массы угля с образованием углекислого газа и воды [11].

Таблица 2

Условия эксперимента и состав продуктов термолиза

Растворитель	Вода				Изопропиловый спирт			
Механообработка	МО	МО	–	–	МО	МО	–	–
Температура, °С	380	360	380	360	242	230	242	230
Выход продуктов, % мас.								
Выход	7,99	6,31	3,62	1,74	5,26	3,40	4,78	2,01
Состав продуктов, мас. %								
Масла	61,75	59,46	43,83	33,13	75,04	74,74	39,88	31,17
Смолы	22,01	28,26	31,87	28,91	20,57	21,82	47,59	48,52
Асфальтены	16,24	12,28	24,30	37,96	4,39	3,44	12,53	15,31
Итого:	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Состав газообразных продуктов, % об.								
H_2	4,1	2,0	1,7	0,9	1,1	1,1	0,2	0,1
CH_4	10,2	3,2	6,8	3,2	0,4	0,6	0,1	0,1
C_2H_6	2,5	1,6	4,0	1,3	0,1	0,3	< 0,1	< 0,1
CO_2	82,0	91,5	83,9	92,1	41,5	60,0	27,9	32,2
C_3H_8	0,8	0,8	1,6	0,9	0,6	1,1	0,3	0,7
C_3H_6	0,3	0,5	0,6	0,5	56,3	36,2	71,5	66,8
C_{4+}	0,2	0,5	1,5	1,1	< 0,1	1,3	< 0,1	< 0,1
Итого:	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

При термолизе в среде ИПС снижается выход углекислого газа и водорода, но существенно увеличивается выход пропилена (от 36,2 до 71,5 % об.), что объясняется разложением изопропилового спирта в ходе термического процесса. При этом отмечается, что при термолизе МО угля доля углекислого газа увеличивается, а доля пропилена снижается – это объясняется более высокой доступностью органической массы угля после МО, которая, деструктируя, приводит к образованию углекислого газа (декарбоксилирование) и сама активно взаимодействует с алкилирующим агентом (изопропиловым спиртом).

Выводы

1. Показано, что на выход жидких продуктов в ходе термолиза угля влияет как предварительная МО, так и среда проведения термолиза. Наибольший выход продуктов – 7,99 % мас. – наблюдается после МО угля в аргоне и последующего термолиза в среде сверхкритической воды.

2. Показано, что МО угля и проведение термолиза в среде сверхкритических растворителей позволяет снизить в получаемых продуктах долю смол и асфальтенов и увеличить долю масел. Максимальный выход масел в получаемых продуктах достигается при термолизе в среде изопропилового спирта и составляет 74,74–75,04 % мас.

3. При термолизе угля в среде изопропилового спирта наряду с углекислым газом основным компонентом газообразных продуктов является пропилен, который образуется из-за деструкции изопропилового спирта.

Список литературы

1. Kopyscinski J., Schildhauer T.J., Biollaz S.M.A. Production of synthetic natural gas (SNG) from coal and dry biomass–A technology review from 1950 to 2009 // Fuel. – 2010. – Т. 89, № 8. – С. 1763–1783.

2. Мировые запасы угля и перспективы его использования / Д.Л. Рахманкулов и [др.] // Башкирский химический журнал. – 2009. – Т. 16, № 2. – С. 21–28.

3. Glushkov D.O. et al. Influence of organic coal-water fuel composition on the characteristics of sustainable droplet ignition // Fuel Processing Technology. – 2016. – Т. 143. – С. 60–68.

4. Лебедев Н.И. Угли Тувы: Состояние и перспективы освоения сырьевой базы / Отв. ред. докт. геол.-мин. наук В.И. Лебедев. – Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2007. – 1870 с.

5. Федорова Н.И., Семенова С.А., Патраков Ю.Ф. Изменение выхода гуминовых кислот при механоактивации окисленных углей // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2008. – № 1. – С. 34–36.

6. Мессерле В.Е., Устименко А.Б., Меркулова Е.А. Исследование химической активности активированных углей микропомола // Вестник Кемеровского государственного университета. – 2013. – № 3–3 (55). – С. 94–99.

7. Копытов М.А., Головко А.К. Совместный крекинг бурого угля и мазута в присутствии изопропилового спирта // Химия твердого топлива. – 2013. – № 6. – С. 59.

8. Рид Р., Праусниц Дж. Шервуд Т. Свойства газов и жидкостей. Справочное пособие. разное. Справочное пособие / Пер. с англ. под ред. Б.И. Соколова. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Химия, 1982. – 592 с.

9. Конверсия бурого угля в суб- и сверхкритической воде при периодическом сбросе давления / Ю.Н. Федяева [и др.] // Сверхкритические флюиды: Теория и практика. – 2011. – Т. 6, № 4. – С. 60–76.

10. Fedyaeva O.N., Vostrikov A.A. Prospects of the Supercritical Water Use as Reactive and Environmentally Safe Medium for the Processing of Heavy Hydrocarbons Feedstock // Vestn. RFFI. 2017. № 1. С. 114–127.

11. Особенности горения науглероженного остатка угля в водокислородном сверхкритическом флюиде / А.А. Востриков [и др.] // Физика горения и взрыва. – 2016. – Т. 52, № 5. – С. 75–78.

12. Липович В.Г., Калабин Г.А., Калечиц И.В. Химия и переработка угля. – М.: Химия, 1988. – 336 с.

13. Носкова Л.П., Савченко И.Ф. Модификация угля Сергеевского месторождения методом жидкофазного каталитического алкилирования изопропиловым спиртом // Химия в интересах устойчивого развития. – 2012. – Т. 20, № 5. – С. 581–587.

УДК 616.314.18-002.4-085:615.454.1:615.83

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ ЛЕЧЕБНО-СТОМАТОЛОГИЧЕСКОГО СРЕДСТВА «АНТОКСИД» В ЛЕЧЕНИИ ХРОНИЧЕСКОГО ГЕНЕРАЛИЗОВАННОГО ПАРОДОНТИТА

Абасканова П.Д., Куттубаева К.Б., Бакиев Б.А., Бакиев А.Б.

Кыргызская государственная медицинская академия им. И.К. Ахунбаева, Бишкек, e-mail: bakit.bakiev@mail.ru

Заболевания пародонта в настоящее время имеют очень высокую распространенность, приводят к серьезным негативным последствиям в состоянии здоровья населения и оказывают значительное влияние на качество жизни пациентов. В последние годы в медицине, в том числе и в стоматологии, успешно используется лекарственный ультрафонофорез (УФФ), усиливающий обмен веществ, синтез нуклеиновых кислот и белков, проницаемость мембран клеток и в целом способствующий улучшению регенерации тканей. Цель исследования: Сравнительное изучение лечебно-стоматологического средства «Антоксид» в лечении больных с хроническим генерализованным пародонтитом. 72 больным с хроническим генерализованным пародонтитом средней степени тяжести проведено лечение с применением разработанного лечебно-стоматологического средства «Антоксид» (Патент КР № 960) путем введения методом ультрофонофореза и традиционным способом. Результаты показали, что при традиционном лечении ремиссия через 6 месяцев составила 88,4%, через 12 месяцев показатель снизился до 80,4%. Во 2 группе (аппликация «Антоксид») через 6 месяцев ремиссия наблюдалась в 89,8% случаев, через 12 мес. показатель составил 89,9%. В 3 группе при использовании ультрафонофореза «Антоксидом» ремиссия через 6 месяцев составила 92,4%, а через 12 – 90,3%. Значительное улучшение показателей гигиены полости рта, состояние тканей пародонта у пациентов данной категории сохраняется и в отдаленные сроки – 6 и 12 месяцев. Анализ рентгенологических и эхоостеометрических данных, как наиболее информативных для определения истинного состояния тканей пародонта, достоверно указывал на купирование патологического процесса после проведенного лечения. Выявленная высокая лечебная эффективность «Антоксида» в сочетании с ультрафонофорезом в комплексной терапии хронического генерализованного пародонтита средней степени тяжести должна быть использована в клинической практике.

Ключевые слова: хронический пародонтит, лечение, «Марославин», «Антоксид», ультрафонофорез

COMPARABLE EVALUATION OF DENTAL TREATMENT WITH «ANTOKSID» IN CURE OF CHRONIC DIFFUSED PERIODONTITIS.

Abaskanova P.D., Kuttubaeva K.B., Bakiev B.A., Bakiev A.B.

Kyrgyz State Medical Academy named after I.K. Akhunbaev, Bishkek, e-mail: bakit.bakiev@mail.ru

Numerous studies indicate that periodontal diseases, along with tooth decay, occupy a leading place in the structure of the dental morbidity of the population, and in their destructive consequences for the dental alveolar system, they dominate all other diseases. In recent years, medicine, including dentistry, has successfully used the medicinal ultraphonophoresis, which enhances the metabolism, the synthesis of nucleic acids and proteins, the permeability of cell membranes and, in general, contributes to the improvement of tissue regeneration. The aim of the treatment of 72 patients with diffused periodontitis of moderate severity with the use of the developed treatment and dentistry means «Antoksid» (Patent No. 960) in the form of applications, the introduction of ultraphonophoresis and the traditional ways. The results of traditional cure showed that the remission was at 6 months for 88.4%, in 12 months this figure dropped to 80.4%. In the main observation group, after 6 months, remission was observed in 89.8% of cases, within 12 months this indicator was 89.9%. In group 3 using phonophoresis «Antoksid» remission after 6 months was 92.4%, and 12 – 90.3%. Large improvement of oral hygiene, periodontal tissues state of patients in this category is stored in the long-term periods – 6 and 12 months. And radiographic analysis echoosteometric data as the most informative to determine the true state of periodontal tissues reliably indicated the stabilization after treatment. High therapeutic effectiveness of «Antioxidant» in combination with ultraphonophoresis in complex therapy of chronic periodontitis has been revealed, which makes it possible to use in dental clinical practice.

Keywords: chronic periodontitis, treatment, «Maraslavin», «Antoksid», utraphonophoresis

Заболевания пародонта в настоящее время имеют очень высокую распространенность, приводят к серьезным негативным последствиям в состоянии здоровья населения и оказывают значительное влияние на качество жизни пациентов [1, 2]. Хронический генерализованный пародонтит приводит к потере зубов, нарушениям функций других органов и систем больного, что отрицательно сказывается на работоспособности и психоэмоциональной сфере человека [3, 4]. При болезнях пародонта наличие очагов хронической инфекции приводит к интоксикации организма, снижению иммунологической реактивности, микробной сенсибилизации, развитию аллергических состояний и других системных расстройств [5–7]. При развитии генерализованного пародонтита может наступить уменьшение или истощение функции антиоксидантной защиты (АОЗ), которое приводит к повышению активности перекисного окисления липидов (ПОЛ) мембранных фосфолипидов (ФЛ) и нарушению структуры биомембран, от которых зависят изменения на уровне внутриклеточного обмена в тканях, органах и организме [8].

В настоящее время в стоматологии успешно используется лекарственный ультрафонофорез (УФФ), представляющий собой сочетанное воздействие на организм ультразвука и вводимых с его помощью лекарственных препаратов (ЛП). Эти факторы усиливают действие друг друга, вызывают более выраженный и стойкий лечебный эффект. В качестве контактной среды используют водные растворы, мази, эмульсии, содержащие различные медикаментозные средства [9–11]. При этом ЛП вначале депонируются в коже и слизистых, а оттуда медленно поступают в кровь, к органам и тканям. Его применение не сопровождается повреждением биологических тканей, кроме того, к преимуществам УФФ следует отнести тот факт, что в отличие от электрофореза фонофоретически вводимое вещество попадает внутрь клетки за счет увеличивающейся проницаемости клеточных мембран [12, 13]. Это имеет решающее значение при необходимости стимуляции регенераторных процессов, что очень важно при лечении воспалительных заболеваний пародонта [14, 15].

Цель исследования: сравнительное изучение лечебно-стоматологического средства «Антоксид» в лечении больных с хроническим генерализованным пародонтитом.

Материалы и методы исследования

Всего обследовано и проведено лечение 72 больным с хроническим генерализованным пародонтитом средней степени тяжести в возрасте от 20 до 59 лет с давностью заболевания от 1 года до 10 лет, которые были распределены на 3 группы.

Распределение больных с хроническим генерализованным пародонтитом по группам в зависимости от способа лечения представлено в табл. 1.

Разработанное лечебно-стоматологическое средство «Антоксид» представляет собой гель, содержащий цинка хлорид, кобальта нитрат, меди сульфат, селена сульфат, желатин, карбоксиметилцеллюлозу, глицерин, натрия бензоат, краситель красный и воду, содержит оптимальное количество антиоксидных микроэлементов (патент Кыргызской Республики № 960. Общая системная патогенетическая терапия осуществлялась индивидуально с использованием общеизвестных и длительно применяющихся в клинической практике антибактериальных, противогистаминных и витаминных препаратов. Больным проводили тщательную санацию полости рта, устраняли местно раздражающие факторы и зубные отложения, по показаниям использовались ортопедические методы лечения (избирательное пришлифовывание и временное шинирование). После обязательной обработки полости рта антисептическими средствами и удаления зубных отложений, пациентов обучали правильной гигиене полости рта, умению осуществлять контроль качества чистки зубов.

Обследование больных осуществляли с использованием основных и дополнительных методов исследования. При оценке состояния тканей пародонта учитывали жалобы больных, обращали внимание на состояние десневого края, его цвет, подвижность и наличие смещения зубов, степень обнажения корня зуба, степень кровоточивости десен, глубину пародонтальных карманов, характер и выраженность воспалительного процесса, наличие над- и поддесневых зубных отложений, выявляли травматическую окклюзию. Для верификации диагноза – пародонтит использовался общепринятый диагностический комплекс состояния тканей пародонта: степень тяжести патологического процесса в пародонте оценивали по пародонтальному индексу (ПИ) (A. Russel, 1967), состояние гигиены полости рта определяли по индексу Федорова – Володкиной (1971), рентгенологические, биохимические и микробиологические методы исследования, определение плотности костной ткани (эхоостеометрия). О динамике проницаемости сосудистых стенок в тканях пародонта судили по результатам пробы В.И. Кулаженко (1960). Статистическая обработка материала проведена с использованием пакета статистической программы «Statistica».

Результаты исследования и их обсуждение

Все пациенты до начала лечения предъявляли полный спектр жалоб, характерных для хронического генерализованного пародонтита средней степени тяжести: зуд в деснах – 19,2 %, ноющие боли в десне – 46,1 %, неприятный запах из рта – 76,9 %, повышенная чувствительность шеек зубов – 26,9 %, кровоточивость десен и выделения из пародонтальных карманов – 96,2 %. При осмотре больных I группы выявлены: над- и поддесневые зубные отложения в 100 % случаев, подвижность зубов различной степени тяжести – 53,8 %. При объективном обследовании имелись отечные, рыхлые десны, неплотно прилегающие к шейкам зубов, имелась кровоточивость. Глубина пародонтальных карманов в среднем составила $5,18 \pm 0,15$ мм. Значения ГИ по Федорову – Володкиной фиксировались как «неудовлетворительные» или «плохие» и были в среднем $2,8 \pm 0,17$ баллов. Пародонтального индекса Расселя (ПИ) – $3,2 \pm 0,2$, показатель времени образования гематомы – $15 \pm 0,22$ секунды (при норме 50–60 секунд). Рентгенологическая картина костной ткани альвеолярных отростков выявила признаки остеопороза с резорбцией костной ткани межзубных перегородок на ½ длины корня. Показатели эхоостеометрии у больных I группы достоверно указывали на значительное снижение плотности костной ткани, и составили до лечения $16,7 \pm 0,64$ мкс. Анализ видового состава микрофлоры пародонтальных карманов показал, что среди выделенных микроорганизмов преобладали аэробные грамположительные кокки (зеленящий стрептококк, эпидермальный стафилококк, золотистый стафилококк) –76,9 %, кишечная палочка – 15,4 %, грибы рода *Candida* – 19,2 %. Результаты исследования показали, что после применения традиционного лечения «Мараславином» в виде инстилляций и аппликаций произошло изменение микробного пейзажа в сторону уменьшения в 3,4 раза, а грибов рода *Candida* в 2,5 раза (табл. 2).

Таким образом, микробиологические исследования показали, что в отношении грамположительных и грамотрицательных микроорганизмов и грибов рода *Candida* «Мараславин» оказывает выраженное антибактериальное действие, что в целом согласуется с данными литературы. Длительность курса лечения зависела в каждом индивидуальном случае от исходного клинического состояния тканей пародонта больного (табл. 3).

В целом у 57,7 % больных ремиссия была достигнута на 12 посещение. Улучшились показатели ГИ, ПИ, пробы Кулаженко, уменьшилась глубина пародонтальных карманов (табл. 3). В целом по данной группе исследования ремиссия заболевания была достигнута у 23 пациентов (90,2 %). Клинико-рентгенологическое обследование 20 пациентов традиционной группы показало: через 6 месяцев у 40 % имелись минерализованные зубные отложения, дискомфорт, кровоточивость десен и ноющие боли отмечали 35 %. Через 12 месяцев после лечения выявлено увеличение показателей ГИ и ПИ 60 % случаев (табл. 4).

Таблица 1

Распределение больных с хроническим генерализованным пародонтитом по группам в зависимости от способа лечения

Группы	Кол-во больных	Диагноз	Методы лечения
1 группа	26	Пародонтит средней степени тяжести	Лечение больных традиционным методом
2 группа	24	Пародонтит средней степени тяжести	Лечение больных с использованием аппликаций «Антоксида»
3 группа	22	Пародонтит средней степени тяжести	Лечение больных методом УФФ «Антоксида»

Таблица 2

Микрофлора пародонтальных карманов до и после инстилляции «Мараславином»

№ п/п	Выделенная микрофлора	Количество проб	Число штампов			
			До лечения		После лечения	
			Абс.	(M ± m) %	Абс.	(M ± m) %
1	*Staphylococcus aureus*	26	8	30,8 ± 0,3	1	3,8 ± 0,15*
2	*Staphylococcus epidermidis*	26	6	23,0 ± 0,12	–	–
3	*Streptococcus pyogenes*	26	4	15,4 ± 0,4	6	23 ± 0,12*
4	*Streptococcus viridans*	26	2	7,7 ± 0,14	–	–
5	*Escherihia coli*	26	4	15,4 ± 0,13	–	–
6	*Candida albicans*	26	5	19,2 ± 0,36	2	7,6 ± 0,18*
	Всего	26	29	–	9	–

Примечание. * – разница статистически значима ($p < 0,001$).

Таблица 3

Результаты лечения больных традиционным методом в ближайшие сроки

Сроки наблюдения	Кол-во больных	Показатели			
		ГИ	ПИ	Проба Кулаженко (сек)	Глубина пародонтального кармана (мм)
До лечения	23	2,8 ± 0,2	3,2 ± 0,2	15 ± 0,2	5,2 ± 0,2
3 процедуры	23	2,4 ± 0,1	2,7 ± 0,4	21 ± 0,3*	4,2 ± 0,2*
12 процедур	20	2,0 ± 0,4	1,9 ± 0,7	33 ± 0,3**	3,4 ± 0,3**

Примечание. *, ** – разница статически значима в сравнении до лечения ($p < 0,001$).

Таблица 4

Отдаленные результаты лечения больных I группы

Сроки наблюдения	Кол-во больных	Показатели			
		ГИ	ПИ	Проба Кулаженко (сек)	Глубина пародонтального кармана (мм)
До лечения	26	2,8 ± 0,5	3,2 ± 0,1	15 ± 0,3	5,2 ± 0,1
6 месяцев	20	1,2 ± 0,1*	1,4 ± 0,3*	25 ± 0,5*	3,2 ± 0,2*
12 месяцев	20	1,4 ± 0,1**	1,6 ± 0,1**	20 ± 0,3**	3,6 ± 0,2**

Примечание. *, ** – разница статически значима в сравнении до лечения ($p < 0,01$).

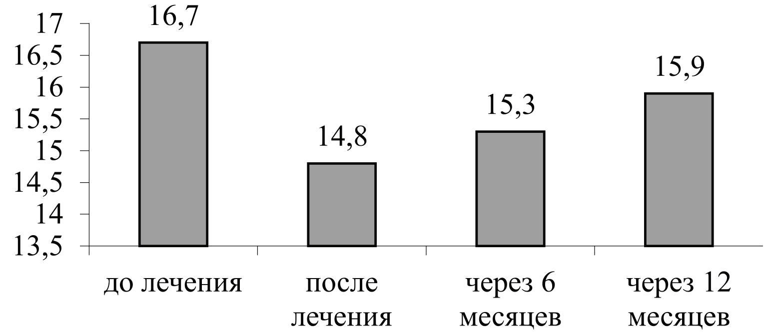


Рис. 1. Динамика показателей эхоостеометрии у пациентов 1 группы

Рентгенологические данные через 6 месяцев выявили стабилизацию процесса, контуры резорбированных перегородок приобрели более четкие очертания. Через 12 месяцев жалобы отсутствовали, данные рентгенограммы не улучшились. Информативными в этой связи являются данные эхоостеометрии (рис. 1).

Анализ данных эхоостеометрии показал: через 6 месяцев после проведенной терапии отмечалось достоверное увеличение плотности костной ткани до 15,3 ± 0,4 мкс против 16,7 ± 0,64 мкс. А к 12 мес. наметилась тенденция к ухудшению этого показателя – 15, 9 ± 0,3.

Таким образом, после проведенного лечения с применением «Мараславина» ремиссия достигнута в 90,2 % случаях, через 6 месяцев – 88,4 %, а через 12 месяцев – 80,4 %.

Изучена эффективность использования аппликаций «Антоксида» в комплексной терапии у 24 пациентов с хроническим генерализованным пародонтитом. Жалобы при поступлении: кровоточивость десен – 58,3 %, неприятный запах из рта – 50 %, зуд и ноющие боли – 29,1 %, подвижность зубов II–III степени – 62,5 %. Минерализованные зубные отложения обнаружены у 100 %, глубина пародонтальных карманов – 6,1 ± 0,6 мм. Значения ГИ колебались в пределах 3,4 ± 0,56 баллов и определялись как «неудовлетворительные», ПИ составил 3,6 ± 0,32. Проба Кулаженко была достоверно уменьшена до 20 ± 0,3 секунд.

Рентгенологический анализ определил неравномерную атрофию и снижение высоты межальвеолярных перегородок в среднем на 1/3 с преобладанием горизонтального типа резорбции, отмечались признаки остеопороза и очаговой крупнозернистой резорбции. Эхоостеометрия определила снижение плотности костной ткани до 17,3 ± 0,34 мкс.

С целью изучения антибактериальных свойств «Антоксида» были проведены микробиологические исследования бактерицидных свойств пасты в отношении пародонтопатогенной микрофлоры зубодесневых карманов. В качестве тест-культуры были использованы *Staphylococcus aureu*s, *Escherihia coli*, *Pseudomonas aeroginosa*, *Candida albicans*, выделенные у больных (табл. 5).

Результаты исследования показали, что после применения «Антоксида» методом аппликаций обнаружены единичные колонии и их количество уменьшилось в 3 раза, а грибов рода *Candida* – в 4 раза (табл. 6).

Так, минимальная ингибирующая концентрация (МИК) «Антоксида» составила 50 %, но в связи с тем, что микрофлора пародонтальных карманов весьма вариабельна, «Антоксид» следует использовать в чистом виде без разведения. На курс лечения пациентов 2 группы в течение 20–25 дней уходило 10–12 процедур, купирование клинических симптомов выявлено через 3 сеанса. В динамике через 3, а еще нагляднее через 7 сеансов улучшились показатели ИГ, ПИ, пробы Кулаженко и уменьшение глубины пародонтального кармана (табл. 7).

Ближайшие результаты исследования пациентов 2 группы свидетельствуют об относительной нормализации клинических показателей в более короткие сроки: ремиссия наступала на 10 сутки и достигала 94,7% против ремиссии на 12 сутки в I группе исследования. Отдаленные результаты проведенного лечения учитывались через 6 и 12 месяцев. Обследование 19 пациентов 2 группы наблюдения показало, что у 5 пациентов (26,3%) появились мягкие и твердые зубодесневые отложения, отмечался дискомфорт и другие симптомы обострения хронического генерализованного пародонтита. В целом через 6 месяцев используемые клинические показатели были в пределах нормы (табл. 8).

Таблица 5

Микрофлора пародонтальных карманов до и после применения «Антоксида»

№ п/п	Выделенная микрофлора	Количество проб	Число штампов			
			До лечения		После лечения	
			Абс.	(M ± m)%	Абс.	(M ± m)%
1	*Staphylococcus aureus*	24	6	24 ± 0,2	–	–
2	*Staphylococcus epidermidis*	24	5	20 ± 0,2	–	–
3	*Streptococcus pyogenes*	24	3	12 ± 0,4	1	4,2 ± 0,1*
4	*Streptococcus viridans*	24	1	4 ± 0,1	–	–
5	*Escherihia coli*	24	6	24 ± 0,1	–	–
6	*Candida albicans*	24	4	16 ± 0,2	1	4,2 ± 0,2*
	Всего	24	25	–	2	–

П р и м е ч а н и е . * – разница статически значима (p < 0,001).

Таблица 6

Бактерицидная активность «Антоксида» в отношении пародонтопатогенных штаммов микроорганизмов

Исследуемый материал	Цельный	Разведения		Физиологический раствор (контроль)
		1:2	1:4	
Staphylococcos aureus	0	0	0	Сплошной рост
Escherihia coli	0	0	0	Сплошной рост
Pseudomonas aeruginosa	0	0	0	Сплошной рост
Candida albicans	0	0	Единичн.	Сплошной рост

Таблица 7

Результаты лечения больных 2 группы в ближайшие сроки

Сроки наблюдения	Кол-во больных	Показатели			
		ГИ	ПИ	Проба Кулаженко (сек)	Глубина пародонтального кармана (мм)
До лечения	24	3,4 ± 0,6	3,6 ± 0,3	20 ± 0,3	6,1 ± 0,6
Через 3 процедуры	24	2,0 ± 0,2*	1,8 ± 0,3*	25 ± 0,3*	3,9 ± 0,1*
Через 10 процедур	20	1,2 ± 0,1**	1,6 ± 0,1**	40 ± 0,3**	3,0 ± 0,4**

П р и м е ч а н и е . *, ** – разница статически значима в сравнении до лечения (p < 0,05).

Таблица 8

Результаты лечения больных 2 группы в отдаленные сроки

Сроки наблюдения	Кол-во больных	Показатели			
		ГИ	ПИ	Проба Кулаженко (сек)	Глубина пародонтального кармана (мм)
До лечения	24	3,4 ± 0,6	3,6 ± 0,3	20 ± 0,3	6,1 ± 0,6
6 месяцев	19	1,3 ± 0,2*	1,2 ± 0,2*	43 ± 0,1*	3,0 ± 0,5*
12 месяцев	19	1,4 ± 0,2**	1,3 ± 0,2**	48 ± 0,4**	2,6 ± 0,5**

П р и м е ч а н и е . *, ** – разница статически значима в сравнении до лечения (p < 0,05).

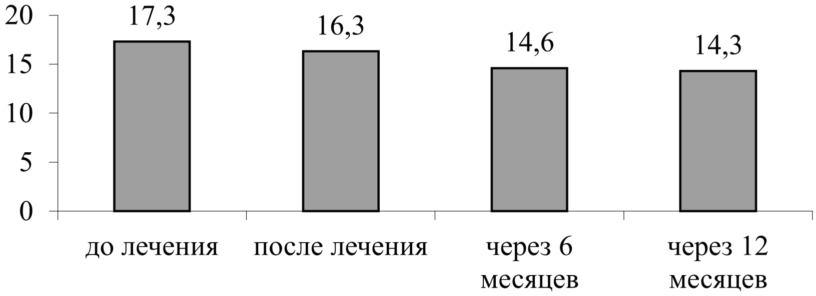


Рис. 2. Динамика показателей эхоостеометрии у пациентов 2 группы

Ремиссия во 2 группе через 6 месяцев составила 89,8 %, через 12 месяцев – 89,9 %. Данные эхоостеометрии свидетельствовали об уплотнении костной ткани через 6 месяцев (14,6 ± 0,23 мкс) и стабилизации показателей эхоостеометрии через 12 месяцев (14,3 ± 0,5 мкс) (рис. 2).

Рентгенологически через 6 месяцев у большинства пациентов наблюдалась стойкая стабилизация патологического процесса, о чем свидетельствуют видимые уплотнения контуров межзубных перегородок и более четкие их очертания. Через 12 месяцев рентгенологические показатели оставались в пределах допустимой нормы (без признаков резорбции).

Исследование ближайших и отдаленных результатов лечения 22 больных с хроническим генерализованным пародонтитом средней степени тяжести выполнено с использованием ультрафонофореза «Антоксида». Изучение клинических индексов показывает на значительный патологический процесс и неудовлетворительное состояние гигиены полости рта: ГИ составил 3,7 ± 0,44 балла, ПИ был 3,9 ± 0,12 балла, глубина пародонтального кармана – 5,7 ± 0,5 мм, достоверное снижение времени образования гематомы – 18 ± 0,11 секунды. Рентгенологические данные показывают появление крупнопетлистой структуры кости, резорбцию костной ткани межальвеолярных перегородок зуба и неравномерную атрофию кости у зубов разных групп. Показатели эхоостеометрии свидетельствовали о снижении плотности костной ткани и увеличении по сравнению с нормой показателей эхоостеометрии в среднем до 16,4 ± 0,5 мкс.

После купирования воспаления, проводили УФФ с «Антоксидом» по 5–7 минут на каждую челюсть, курсом 6–8 воздействий через день, после накладывали десневую твердеющую повязку «Парасепт». На 3 посещение наступало купирование пародонтального симптомокомплекса, заметная положительная динамика клинических показателей у пациентов 3 группы исследования наступала, а заметное улучшение со стабилизацией показателей наблюдалось на 7 посещение. Лечение больных пародонтитом с использованием УФФ «Антоксида» в течение 15–20 дней состояло из 7–10 процедур (для сравнения в 1 группе 20–25 дней – 12–14 процедур, во 2 группе 20–25 дней – 10–12 процедур).

Ближайшие результаты исследования (на 3 и 7 посещение): стойкая ремиссия – 96,1 %), улучшение общего самочувствия у 100 % обследуемых, лишь 9,1 % пациентов отмечают дискомфорт в полости рта, и им была рекомендована операция гингивопластика и консультация у терапевта. Данные ближайших результатов лечения больных 3 группы представлены в табл. 9.

Анализ ближайших результатов сочетанного использования средства «Антоксид» и УФФ, выявил сокращение сроков лечения и нормализацию клинических показателей. При исследовании через 6 и 12 месяцев у 18 пациентов: не обнаружены зубные отложения, воспаление маргинальной десны в 16,7 % случаях. У большинства пациентов – 83,3 % десна имела здоровый бледно-розовый цвет (табл. 10).

Анализ табл. 10 показал: через 6 месяцев средняя глубина пародонтального кармана у пациентов обследуемой группы составила 2,1 ± 0,14 мм, ГИ – 1,2 ± 0,23 балла, ПИ – 1,1 ± 0,4 балла, стойкость капилляров не претерпела изменений и составила 55 ± 0,15 секунд. Через 12 месяцев вышеуказанные показатели не изменились.

Результаты эхоостеометрии через 6 и 12 месяцев составляли 12,3 ± 0,33 мкс и 10,2 ± 0,12 мкс соответственно, что указывает на улучшение минерализации костной ткани (рис. 3).

Рентгенологические данные в отдаленные сроки указывали на оссификацию резорбированных межальвеолярных перегородок и уплотнение их контуров. После проведенного лечения ремиссия через 6 месяцев составила 92,4 %, а через 12 месяцев показатель снизился до 90,3 %.

Таблица 9

Ближайшие результаты лечения больных 3 группы исследования

Сроки наблюдения	Кол-во больных	Показатели			
		ГИ	ПИ	Проба Кулаженко (сек)	Глубина пародонтального кармана (мм)
До лечения	22	3,7 ± 0,4	3,9 ± 0,1	18 ± 0,1	5,7 ± 0,5
3 процедуры	22	1,8 ± 0,1*	1,5 ± 0,2*	28 ± 0,2*	3,3 ± 0,4*
10 процедур	22	1,0 ± 0,2**	1,3 ± 0,1**	55 ± 0,3**	1,5 ± 0,3**

П р и м е ч а н и е . *, ** – разница статически значима в сравнении до лечения ($p < 0{,}05$).

Таблица 10

Показатели состояния пародонта больных 3 группы в динамике

Сроки наблюдения	Кол-во больных	Показатели			
		ГИ	ПИ	Проба Кулаженко (сек)	Глубина пародонтального кармана (мм)
До лечения	22	3,7 ± 0,4	3,9 ± 0,1	18 ± 0,1	5,7 ± 0,5
6 месяцев	18	1,2 ± 0,2*	1,1 ± 0,4*	55 ± 0,2*	2,1 ± 0,1*
12 месяцев	18	1,2 ± 0,1**	1,0 ± 0,2**	50 ± 0,2**	2,2 ± 0,2**

П р и м е ч а н и е . *, ** – разница статически значима в сравнении до лечения ($p < 0{,}05$).

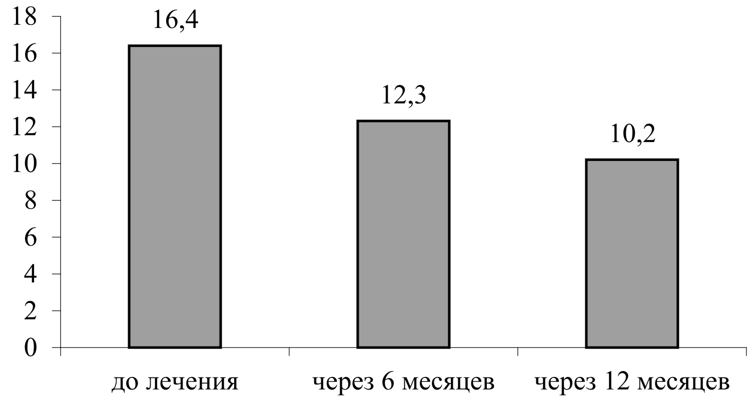


Рис. 3. Динамика показателей эхоостеометрии у пациентов 3 группы

Таким образом, позитивные изменения состояния больных в динамике и результатов комплекса клинико-лабораторных методов исследования позволяют утверждать, что использование «Антоксида» в сочетании с ультрафонофорезом является этиопатогенетически обоснованным и эффективным компонентом системной терапии пациентов с хроническим генерализованным пародонтитом средней степени тяжести. Полученные данные позволяют рекомендовать предложенный метод лечения для использования в стоматологической клинической практике.

Выводы

1. Клиническая эффективность изучаемых методов лечения оценивалась на основании анализа ближайших и отдаленных результатов клинико-рентгенологического обследования и дополнительных методов исследования. Установлено, что разработанные режимы лечебного воздействия на ткани пародонта с использованием лечебного средства «Антоксид» продемонстрировали высокую клиническую эффективность.

2. Анализ рентгенологических и эхоостеометрических данных, как наиболее информативных для определения истинно-

го состояния тканей пародонта, достоверно выявил купирование патологического процесса после проведенного лечения.

3. Лечебный эффект «Антоксида» связан с его выраженным антиоксидантным действием, обусловленным ингибирующим действием на процессы липопереокисления в клеточных мембранах за счет повышения ферментативной системы АОЗ и увеличения общей АОА крови.

Список литературы

1. Акимов Д.А., Калайджян Э.В. Инновационные технологии профилактики и лечения стоматологических заболеваний // Материалы XIX и XX Всероссийских научно-практических конф. – М., 2008. – С. 258–261.

2. Бирюкова Ю.А. Клинико-лабораторное исследование эффективности использования фитопрепарата при лечении гипертрофического гингивита: дис.... канд. мед. наук: 14.01.14. – Рязань, 2014. – 136 с.

3. Васильева Н.А., Булгакова А.И., Солдатова Е.С. Стоматологический статус больных с заболеваниями пародонта / Н.А. Васильева, А.И. Булгакова, Е.С. Солдатова // Медицинский вестник Башкортостана. – 2016. – Т. 11, № 6 (66). – С. 31–35.

4. Грудянов А.И. Основные направления научных исследований и новые клинические методики в области пародонтологии в нашей стране и за рубежом / А.И. Грудянов, О.А. Фролова // Маэстро стоматологии. – 2008. – № 4 (32). – С. 56–60.

5. Микроциркуляция тканей пародонта: причины нарушений и механизмы коррекции / Зюлькина Л.А. [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2017. – № 2.; URL: https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=26259 (дата обращения: 16.06.2018).

6. Дударь М.В. Современные направления медикаментозной терапии хронического генерализованного пародонтита / М.В. Дударь, Л.С. Васильева, В.Д. Молоков // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. – Иркутск, 2016. – Т. 1, № 6 (112). – С. 197–205.

7. Гажва С.И. Медикаментозные схемы консервативного лечения хронических форм пародонтитов / С.И. Гажва, А.И. Воронина, Д.А. Кулькова // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 5–1. – С. 55–57.

8. Фарвазова Л.А. Клинико-экспериментальное обоснование применения препарата люцерны посевной в комплексном лечении хронического генерализованного пародонтита: дис. ... канд. мед. наук: 14.00.21. – Пермь, 2009. – 147 с.

9. Ковтун А.А. Эффективность комплексного лечения больных хроническим пародонтитом с использованием остеотропных препаратов (клиническое и экспериментальное исследование): дис. ... канд. мед. наук: 14.01.14. – Пермь, 2013. – 125 с.

10. Действие антисептиков на бактериальные биопленки у пациентов с воспалительными заболеваниями пародонта / Д.С. Щербакова [и др.] // Пародонтология. – 2012. – № 4 (61). – С. 65–69.

11. Кострюков Д.А. Применение хлоргексидинового геля «Пародиум» в сочетании с медицинским клеем МК-8 в комплексном лечении пародонтита / Д.А. Кострюков, Е.Н. Новикова, Л.А. Дмитриева // Пародонтология. – 2004. – № 1 (30). – С. 33−37.

12. Хайбуллина Р.Р. Оценка эффективности применения лазерофореза в реабилитации пациентов с хроническим генерализованным пародонтитом / Р.Р. Хайбуллина, Л.П. Герасимова, Л.Т. Гильмутдинова // Здоровье и образование в XXI веке. – 2016. – № 2. – С. 88–91.

13. Современное состояние вопроса использования физиотерапевтических методов в комплексной терапии воспалительных заболеваний пародонта / Л.А. Зюлькина [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 5.; URL: https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=22536 (дата обращения: 16.06.2018).

14. Хайбуллина Р.Р. Физиотерапевтические технологии в комплексном лечении больных хроническим генерализованным пародонтитом / Р.Р. Хайбуллина, Л.П. Герасимова // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 2. – С. 177–179.

15. Будашова Е.И. Современные физиотерапевтические методы лечения хронического генерализованного пародонтита / Е.И. Будашова // Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Тверь, 2014. – С. 75–78.

УДК 616.24-002.5-036.17-053

ПРОДУКЦИЯ ГРАНУЛИЗИНА, ПЕРФОРИНА, КАТЕЛИЦИДИНА, ВИТАМИН Д СВЯЗЫВАЮЩЕГО ПРОТЕИНА, ФАКТОРА ИНГИБИЦИИ МИГРАЦИИ МАКРОФАГОВ И ИНТЕРФЕРОНА-γ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМАХ ТУБЕРКУЛЕЗА ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ

Авербах М.М. (мл.), Панова Л.В., Губкина М.Ф.

ФГБНУ «Центральный НИИ туберкулеза», Москва, e-mail: amm50@mail.ru

Исследовали динамику содержания в плазме цитолитических молекул (гранулизин, перфорин, кателицидин), витамин Д связывающего протеина (ВДБ), спонтанную продукцию интерферона-γ (ИНФ-γ) и фактора торможения миграции макрофагов (МИФ) методом иммуноферментного анализа. Анализ проведен у 85 больных с деструктивными формами (n = 30) и ТВГЛУ/очаговыми формами туберкулеза (n = 55). Группу инфицированных МБТ составили 9 пациентов, имевших контакт с больными туберкулезом и положительные кожные пробы. Содержание в плазме цитолитических молекул и ВДБ у больных исследуемых групп в сравнении с группой инфицированных МБТ показало отсутствие различий для гранулизина, кателицидина и ВДБ. Уровень перфорина был достоверно низким только в группе деструктивного туберкулеза по сравнению с группой инфицированных МБТ (33,8 ± 2,5 нг/мл и 39,5 ± 1,1 нг/мл, соответственно, P = 0,04403). Химиотерапия практически не оказывала влияние на содержание кателицидина, ВДБ. Уровень гранулиза увеличивался к 6 мес. только у больных очаговым туберкулезом (5,6 ± 0,2 нг/мл и 6,47 ± 0,3 нг/мл, P = 0,02939). Уровень перфорина при деструктивном туберкулезе был достоверно низким по сравнению с больными ТВГЛУ и очаговым туберкулезом как на сроке 3 мес. (31,7 ± 1,6 нг/мл, 38,8 ± 1,6 нг/мл; P = 0,00635 и 42,1 ± 1,3 нг/мл; P = 0,00012 соответственно), так и на сроке 6 мес. (28,9 ± 2,3 нг/мл по сравнению с 39,1 ± 3,1 нг/мл; P = 0,017774 и 38,3 ± 0,8 нг/мл; P = 0,00138 соответственно). Продукция ИНФ-γ в культуре клеток увеличивалась у всех групп больных к 3 мес. химиотерапии и у больных с деструктивным туберкулезом была достоверно выше, чем у больных с ТВГЛУ и очаговым туберкулезом (58,8 ± 8,7 пг/мл, 13,1 ± 2,5 пг/мл и 4,7 ± 3,4 пг/мл; P = 0,01741). Продукция МИФ в группе больных ТВГЛУ до начала лечения была достоверно ниже, чем у больных очаговым и деструктивным туберкулезом (837,3 ± 107,6 пг/мл, 2455,1 ± 522,9 пг/мл и 1439,0 ±188,8 пг/мл; P = 0,00965 и P = 0,01826 соответственно). Курс химиотерапии не влиял на уровень МИФ у больных ТВГЛУ и деструктивным туберкулезом и снижался к 6 мес. при очаговом туберкулезе (3 мес. – 2246,6 ± 366,8 пг/мл и 6 мес.- 952,2 ± 36,2 пг/мл; P = 0,00486). Полученные результаты указывают на значимость уровня продукции перфорина и МИФ для локализации туберкулезного процесса в ткани легких при очаговых формах по сравнению с деструктивными процессами. Уровень продукции цитолитических молекул не имеет решающего значения для развития ТВГЛУ.

Ключевые слова: туберкулез, дети, подростки, цитолитические молекулы, МИФ, ИНФ-γ

DYNAMIC CHANGES OF GRANULISINE, PERFORIN, CATHELCYDINE, VITAMIN D BINDING PROTEIN, MACROPHAGE MIGRATION INHIBITON FACTOR AND INTERFERON-γ IN CHILDREN AND ADOLESCENTS WITH DIFFERENT FORMS OF TUBERCULOSIS

Averbakh M.M. (jr.), Panova L.V., Gubkina M.F.

Central Research Institute for Tuberculosis, Moscow, e-mail: amm50@mail.ru

The dynamics of the plasma content of cytolytic molecules (granuluzin, perforin, catelicidin), vitamin D of the binding protein (VDB), spontaneous production of interferon-γ (INF-γ) and the inhibition of migration of macrophages (MIF) was evalueted by the enzyme immunoassay methods. The analysis was carried out in 85 patients with destructive forms (n = 30) and TBLN / focal forms of tuberculosis (n = 55). The MTB infected group was consisted of 9 patients who had contact with patients with tuberculosis and positive skin tests. No difference was found for granulysin, cathelicidin and VDB plasma content in the patients groups compared with the MTB infected group. The level of perforin was low only in the group of destructive tuberculosis in comparison with the group of infected MBT (33.8 ± 2.5 ng / ml and 39.5 ± 1.1 ng / ml, respectively, P = 0.04403). Chemotherapy had no effect on the cathelicidin, VDB plasma content. The granulysin level was increased in 6 mo in patients with focal tuberculosis (5.6 ± 0.2 ng / ml and 6.47 ± 0.3 ng / ml, P = 0.02939). The perforin level was low in destructive tuberculosis comparison to TBLN/focal patients both at 3 mo. (31.7 ± 1.6 ng / ml, 38.8 ± 1.6 ng / ml, P = 0.00635 and 42.1 ± 1.3 ng / ml, P = 0.00012, respectively) and 6 mo (28.9 ± 2.3 ng / ml compared with 39.1 ± 3.1 ng / ml, P = 0.017774 and 38.3 ± 0.8 ng / ml, P = 0.00138, respectively). The cell culture INF-γ production was increased at 3 mo in all patients groups and in patients with destructive tuberculosis was significantly higher than in patients with TBLN/focal tuberculosis (58.8 ± 8.7 pg / ml, 13.1 ± 2.5 pg / ml and 4.7 ± 3.4 pg / ml, P = 0.01741). The MIF production in TBLN group was significantly lower before treatment compare to patients with focal and destructive tuberculosis (837.3 ± 107.6 pg / ml, 2455.1 ± 522.9 pg / ml and 1439.0 ± 188.8 pg / ml, P = 0.00965 and P = 0.01826, respectively). The course of chemotherapy had no affect on MIF level in TBLN and destructive tuberculosis patients and decreased by 6 mo in focal tuberculosis group (3 months – 2246.6 ± 366.8 pg / ml and 6 months – 952.2 ± 36.2 pg / ml, P = 0.00486). The obtained results indicate to the significance of perforin and MIF production for the localization of the tuberculosis lung process in focal forms in comparison with destructive processes. The level of cytolytic molecules production is not decisive for the development of TBLN.

Keywords: tuberculosis, children, adolescents, cytolitic molecula, interferon-γ, macrophage migration inhibiton factor

Структура заболеваемости туберкулезом детей и подростков отличается от взрослого контингента больных и в ней достаточно высока доля «малых» форм туберкулеза (ТВГЛУ – туберкулез внутригрудных лимфатических узлов, и очаговый туберкулез легких), в то же время среди легочных форм туберкулеза встречаются и деструктивные процессы [1]. В клинической практике ТВГЛУ наблюдаются значительно чаще, чем первичный туберкулезный комплекс, хотя лимфаденит является неотъемлемой его частью. Согласно классификации ВОЗ ТВГЛУ относят к формам внелегочного туберкулеза и редко выделяют в исследованиях в отдельную группу, поэтому сопоставить частоту встречаемости ТВГЛУ у больных детей и подростков в различных странах крайне сложно [2].

По существующим к настоящему моменту представлениям макрофаги и миелоидная субпопуляция дендритных клеток верхних и нижних отделов респираторного тракта первыми контактируют с вдыхаемыми чужеродными антигенами (в том числе и микобактериями), фагоцитируют их через посредство целого ряда рецепторов (маннозный рецептор, сурфактант D, DC-SIGN-специфичная для дендритных клеток интегриновая молекула, С-лектиновый рецептор, Nod-подобные молекулы и Toll-подобные молекулы). Впоследствии фагоцитированные антигены переносятся в регионарные лимфоузлы, что показано с помощью метки микобактерий флюоресцирующим белком GFP. Здесь дендритные клетки вырабатывают достаточное количество IL-12p40, IL-12Rβ1 и CD11c и обеспечивают инициализацию иммунного ответа через премирование Т хелперов 1 с последующей выработкой клеток эффекторов и памяти, при этом субпопуляция клеток памяти имеет способность селективно мигрировать в места первичного попадания антигена. Однако микобактерии, попавшие в лимфоузлы в дендритных клетках, обладают способностью снижать презентирующую способность поверхностных молекул MHC class II и создают тем самым условия для длительной персистенции в дендритных клетках лимфоузлов [3].

Исследования, подтверждающие наличие микобактерий в лимфоузлах, немногочисленны и касались преимущественно их периферических локализаций, для ТВГЛУ вообще единичные. Если гистологически различные признаки туберкулезного воспаления выявлялись во всех исследованных биоптатах, то методом посева на BACTEC микобактерии выявлены в 40–60 %, методом окрашивания по Циль-Нильсену в 13,3 %. Молекулярно-генетические методы позволяют увеличить выявляемость МБТ до 82,5 %, при этом дальнейшая характеристика изолятов *M. tuberculosis* выявила принадлежность к 26 различным сполиготипам (SIT) и 13 к вновь выявленным образцам. Наиболее распространенными штаммами были SIT149, SIT53, SIT26 и SIT37 сублиний T3-ETH, T1, CASI-DELHI и T3 [4]. При сравнении иммуногистохимическими методами обнаружения антигенов микобактерий (секретируемые – MPT32, MPT44, MPT46, MPT51, MPT53, MPT59, MPT63, MPT64 и соматические – Mce1A, Hsp65 и MPT57) в биоптатах легких и лимфоузлов было показано, что в ткани легких обнаруживались как секреторные, так и соматические антигены, а в лимфоузлах прежде всего соматические антигены. Из секреторных антигенов в обоих случаях постоянно обнаруживался только MPT64, что указывало на преимущественное накопление этого антигена в клетках гранулемы в условиях хронически текущей инфекции. Компоненты комплекса антигена 85 (MPT44 (Ag85A), MPT51 (Ag85D), MPT59 (Ag85B) выявлялись в половине случаев. Эти данные указывают на снижение секреторной активности МБТ, находящихся в лимфоузлах и пребывании их преимущественно в персистирующем состоянии [2]. Этому процессу со стороны макроорганизма способствуют различные факторы: повышенная экспрессия генов IL-10 и TGF-β эпителиоидными и многоядерными клетками и факторов апоптоза (Bcl2, Bax, FasL и Fas) гигантскими многоядерными клетками, которые могут использоваться микобактериями для уклонения от иммунного ответа и персистенции в тканях хозяина [5].

По существующим на сегодня представлениям различные субпопуляции Т и В клеток и гуморальные факторы адаптивного звена иммунитета являются ведущими в адекватном функционировании противотуберкулезного иммунитета, а реакции врожденного иммунитета преимущественно активны на стадии «латентной» фазы туберкулеза, определяющегося наличием положительных кожных проб и IGRA-тестов с антигенами микобактерий [6]. Поскольку данные положения получены в результате сравнительного исследования латентных форм и активно распространенного туберкулезного процессов, и небольшие локальные формы практически не находились в поле зрения исследователей, то степень «активности» двух основных звеньев нуждается в дальнейшем изучении.

Эффекторная часть врожденного иммунитета представлена цитолитическими молекулами (гранулизин, кателицидин, перфорин, гранзимы А и В и β-дефензином, содержатся в секреторных ацидофильных гранулах цитотоксических Т-лимфоцитов, небольшой популяцией МНС – не рестриктированных γδ T ($CD3^{+}γδ\,TCR^{+}$) клеток, и NK-клетках и способны лизировать опухолевые клетки и внутриклеточно располагающиеся вирусы и микроорганизмы, такие как *Mycobacteria*, *Brucella* [7].

Адаптивные реакции противотуберкулезного иммунитета крайне разнообразны по субпопуляциям Т и В клеток, спектру цитокинов и хемокинов, и клеток и факторов фагоцитарного звена. Среди цитокиновых факторов, выделяемых Т клетками, ведущая роль отведена интерферону-γ (ИНФ-γ), который вырабатывается в основном премированными CD4+ and CD8+T клетками и в меньшей степени лимфоцитами, относящимися к звену врожденного иммунитета γδ T клетками, NK T клетками и NK клетками. Наиболее высокий уровень экспрессии гена ИНФ-γ и его выработка осуществляется лимфоцитами Т хелперами 1 типа, которые активируют киллинг макрофагами микробных тел, усиливают цитотоксическую активность других клеток, индуцируют апоптоз эпителиальных клеток кожи и слизистых, регулируют экспрессию белков МНС I и II класса и презентацию антигенов. Существует значительная вариабельность выработки ИНФ-γ у больных туберкулезом, и если до начала лечения она в целом низкая, то к 6 месяцам проведения противотуберкулезной химиотерапии она возрастает, но отличается значительной вариабельностью показателей в зависимости от степени выраженности и характера течения процесса [8].

Фактор торможения миграции макрофагов (МИФ) является одним из первых открытых цитокинов, основная функция которого состоит в угнетении хаотичной миграции макрофагов и накоплении в очагах воспаления и последующей функциональной их поляризацией на М1 и М2 субпопуляции. В многочисленных исследованиях показано увеличение продукции МИФ в супернатантах клеточных культур и в сыворотке больных туберкулезом, а также его наличие в тканевых структурах гранулем эксперментальных животных и биоптатах лимфоузлов больных туберкулезом, где он способствует накоплению клеток через усиление экспрессии ряда хемокинов (моноцитарный хемоатрактантный протеин МСР-1 и молекул адгезии I-CAM-1 и V-CAM-1) [9]. Ранее нами описана динамика продукции МИФ в культуре крови в зависимости от положительного, торпидного или прогрессирующего характера течения туберкулезного процесса у подростков, больных деструктивными формами туберкулеза [10]. Однако динамика выработки МИФ у больных «малыми» формами туберкулеза органов дыхания пока не изучена.

Целью настоящего исследования явилось изучение значимости динамических изменений цитолитических молекул врожденного иммунитета (гранулизина, перфорина, кателицидина и витамин Д связывающего протеина), фактора ингибиции миграции макрофагов и ключевого цитокина приобретенного противотуберкулезного иммунитета ИНФ-γ у детей и подростков, больных различными формами туберкулеза органов дыхания.

Материалы и методы исследования

Исследование проведено на 85 больных, разделенных на три группы. В группу больных с деструктивным туберкулезом включено 30 человек в возрасте от 12 до 17 лет. Инфильтративный туберкулез в фазе распада и обсеменения диагностирован у 25 человек, диссеминированный туберкулез в фазе распада – у 1 человека, множественные туберкулемы в фазе распада и обсеменения – у 2-х человек, фиброзно-кавернозный туберкулез – у 1 человека и казеозная пневмония – 1 человек.

В исследование включено 55 больных в возрасте от 3 до 16 лет с «малыми» формами туберкулеза органов дыхания. Туберкулез внутригрудных лимфатических узлов (ТВГЛУ) в фазе уплотнения и начинающейся кальцинации диагностирован у 25 человек, в том числе с очагами отсева в легочную ткань – 15 человек; очаговый туберкулез легких – 30 человек, из которых процесс находился в фазе инфильтрации – 12 чел., в фазе уплотнения и начинающейся кальцинации – 18 чел.

Группу инфицированных МБТ составили 9 пациентов в возрасте от 5 до 14 лет, обследованных по поводу контакта с больными туберкулезом и имевших положительные реакции пробы Манту с 2 ТЕ и Диаскинтест.

Гранулизин, кателицидин, перфорин-1 и витамин Д связывающий протеин определяли в K_3ЭДТА плазме методом иммуноферментного анализа с помощью наборов SEB517Hu, CEC419Hu, SEB317Hu и SEB810Hu (Cloud-Clone Corp.) согласно инструкции изготовителя. Спонтанную продукцию МИФ определяли в супернатантах суточных культур цельной крови. Образцы супернатантов собирали через 18–22 часа культивирования. МИФ определяли методом иммуноферментного анализа с помощью набора DuoSet Human MIF иммуноферментного анализа R@D (Великобритания). Спонтанную продукцию ИНФ-γ определяли в супернатантах культур мононуклеаров больных туберкулезом, полученных из гепаринизированной крови. После лизиса эритроцитов и 3-кратного отмывания мононуклеары культивировали в количестве $1x10^6$ кл/мл культуральной среды RPMI 1640 с необходимыми добавками. Образцы супернатантов собирали через 22–24 часа культивирования. Концентрацию цитокина определяли методом иммуноферментного анализа с помощью набора «Вектор-Бест» (Россия). Результаты обрабатывались статистически с помощью пакета Microsoft Exel.

Результаты исследования и их обсуждение

Изучение содержания в плазме крови уровня цитолитических молекул и ВДБ у больных исследуемых групп в сравнении с группой инфицированных МБТ показало отсутствие различий для гранулизина, кателицидина и ВДБ. Содержание перфорина было достоверно низким в группе деструктивного туберкулеза по сравнению с группой инфицированных МБТ (33,8 ± 2,5 нг/мл и 39,5 ± 1,1 нг/мл, соответственно, P = 0,04403), тогда как для группы очагового туберкулеза и ТВГЛУ различия были статистически недостоверными (табл. 1).

Проведение курса химиотерапии практически не оказывало влияния на содержание гранулиза в плазме крови в исследуемых группах больных за исключением достоверного возрастания его содержаний к 6 мес. у больных очаговым туберкулезом (5,6 ± 0,2 нг/мл и 6,47 ± 0,3 нг/мл, P = 0,02939) (табл. 1, рис. 1, А). Содержание перфорина плазмы в группах больных также не изменялось под влиянием курса химиотерапии, но при деструктивном туберкулезе его уровень был достоверно низким по сравнению с больными ТВГЛУ и очаговым туберкулезом как на сроке 3 мес. (31,7 ± 1,6 нг/мл по сравнению с 38,8 ± 1,6 нг/мл; P = 0,00635 и 42,1 ± 1,3 нг/мл; P = 0,00012 соответственно), так и на сроке 6 мес. (28,9 ± 2,3 нг/мл по сравнению с 39,1 ± 3,1 нг/мл; P = 0,017774 и 38,3 ± 0,8 нг/мл; P = 0,00138 соответственно) (табл. 2, рис. 1, Б). В исследованных группах также не наблюдалось значимых изменений плазменного содержания кателицидина и ВДБ (табл. 2, рис. 2, А и Б).

В оценке эффективности основного цитокина адаптивного противотуберкулезного иммунитета ИНФ-γ мы ориентировались на спонтанную продукцию в суточной культуре крови, которая отражает тенденции его динамики у больных туберкулезом детей и подростков [11]. В целом индивидуальные показатели спонтанной продукции этого цитокина у больных характеризуются значительной вариабельностью. Так у больных очаговым туберкулезом до начала лечения она отсутствует и к 3 мес. возрастает до 4,7 ± ± 3,4 пг/мл и впоследствии достоверно не меняется (6 мес. 15,5 ± 7,6 пг/мл). У больных ТВГЛУ до начала лечения она составила 4,4 ± 2,4 пг/мл и к 3 мес. возросла до 13,1 ± 2,5 пг/мл (P = 0,03471) и впоследствии достоверно не менялась (6 мес. 10,0 ± ± 5,3 пг/мл). У больных деструктивными процесами до начала лечения спонтанная продукция была ниже границы чувствительности метода в 40–60 % случаев. К 3 мес. отмечен подъем продукции ИНФ-γ, который прослеживался до 6 месяцев химиотерапии (0 мес. 4,6 ± 2,4 пг/мл, 58,8 ± ± 8,7 пг/мл, P = 0,00824 и 6 мес. 23,9 ± ± 7,6 пг/мл, P = 0,00915), но при этом сохранялись выраженные индивидуальные различия выработки фактора. Следует отметить, что спонтанная продукция ИНФ-γ у больных с деструктивным туберкулезом через 3 мес. лечения была достоверно выше, чем у больных с ТВГЛУ и очаговым туберкулезом (58,8 ± 8,7 пг/мл, 13,1 ± 2,5 пг/мл и 4,7 ± ± 3,4 пг/мл; P = 0,01741) (табл. 3, рис. 3, А).

Спонтанная продукция МИФ в группе больных ТВГЛУ до начала лечения находилась на уровне 837,3 ± 107,6 пг/мл и была достоверно ниже, чем у больных очаговым туберкулезом 2455,1 ± 522,9 пг/мл (P = 0,00965) и деструктивным туберкулезом 1439,0 ± 188,8 пг/мл (P = 0,01826). В процессе проведения химиотерапии (через 3 и 6 мес. лечения) уровень продукции МИФ достоверно не менялся как в группе больных ТВГЛУ (1462,9 ± 384,7 пг/мл и 1451,1 ± 252,9 пг/мл соответственно), так и у больных с деструктивными процессами (3 мес. – 2122,7 ± 362,4 пг/мл и 6 мес. – 2572,2 ± 661,7 пг/мл). В группе больных очаговым туберкулезом уровень продукции МИФ достоверно снижается к 6 мес. лечения (3 мес. – 2246,6 ± ± 366,8 пг/мл и 6 мес. – 952,2 ± 36,2 пг/мл; P = 0,00486) (табл. 3, рис. 3, Б).

Таблица 1

Содержание цитолитических молекул сыворотки у инфицированных МБТ и больных деструктивными и «малыми» формами туберкулеза органов дыхания до начала противотуберкулезной терапии

Факторы / Формы ТБ	Гранулизин (нг/мл)	Перфорин (нг/мл)	Кателицидин (мкг/мл)	ВДБ (мкг/мл)
Очаговый ТБ	5,6 ± 0,2	38,4 ± 0,9	1,45 ± 0,15	1,5 ± 0,08
ТВГЛУ	4,5 ± 0,6	39,15 ± 1,2	1,7 ± 0,13	1,77 ± 0,1
Деструктивный ТБ	5,6 ± 0,8	33,8 ± 2,5*	1,55 ± 0,2	1,6 ± 0,1
Инфицированные МБТ	4,6 ± 0,6	39,5 ± 1,1	1,7 ± 0,2	1,5 ± 0,04

Примечание. * P = 0,01366 по сравнению с группой инфицированных.

Таблица 2

Динамические изменения уровня цитолитических молекул и витамин Д связывающего протеина у больных с различными клиническими формами туберкулеза в процессе проведения химиотерапии

Показатель / Группы больных	Сроки обследования		
	до начала химиотерапии	через 3 мес. химиотерапии	через 6 мес. химиотерапии
Гранулизин (нг/мл)			
Очаговый ТБ	5,6 ± 0,2	6,07 ± 0,29	6,47 ± 0,3*
ТВГЛУ	4,5 ± 0,6	4,5 ± 0,6	5,3 ± 0,5
Деструктивный ТБ	5,6 ± 0,8	4,9 ± 0,6	4,8 ± 0,7
Перфорин (нг/мл)			
Очаговый ТБ	38,4 ± 0,9	42,1 ± 1,3	38,3 ± 0,8
ТВГЛУ	39,15 ± 1,2	38,8 ± 1,6	39,1 ± 3,1
Деструктивный ТБ	33,8 ± 2,5	31,7 ± 1,6**	28,9 ± 2,3***
Кателицидин (мкг/мл)			
Очаговый ТБ	1,45 ± 0,15	1,6 ± 0,09	1,58 ± 0,08
ТВГЛУ	1,7 ± 0,13	1,65 ± 0,22	1,65 ± 0,23
Деструктивный ТБ	1,55 ± 0,2	1,6 ± 0,06	1,6 ± 0,36
Витамин Д связывающий протеин (мкг/мл)			
Очаговый ТБ	1,5 ± 0,08	1,4 ± 0,08	1,45 ± 0,07
ТВГЛУ	1,77 ± 0,1	1,77 ± 0,05	1,9 ± 0,09
Деструктивный ТБ	1,6 ± 0,1	1,53 ± 0,03	1,66 ± 0,1

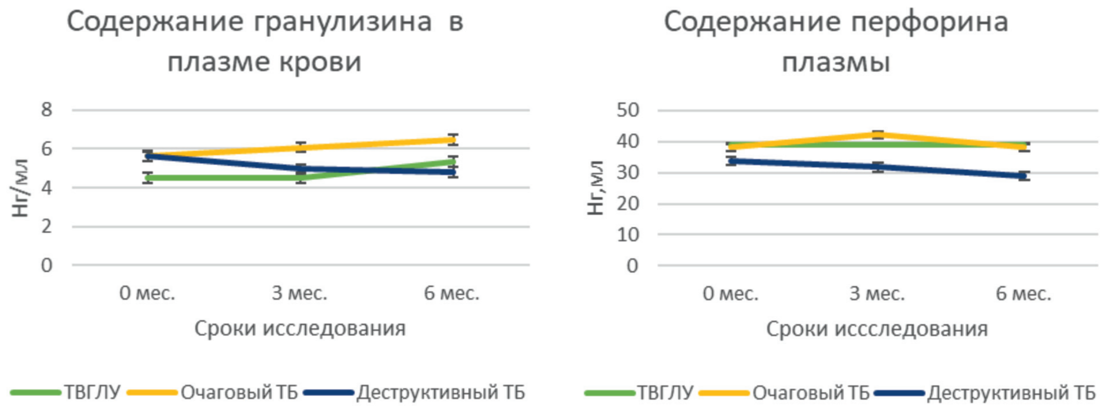
Примечание. *P = 0,02939 при сравнении с уровнем до начала химиотерапии;
**P = 0,00635 при сравнении с ТВГЛУ; **P = 0,00012 при сравнении с очаговым ТБ;
***P = 0,017774 при сравнении с ТВГЛУ; ***P = 0,00138 при сравнении с очаговым ТБ.

Таблица 3

Динамические изменения уровня интерферона-гамма (ИНФ-γ) и фактора торможения миграции макрофагов (МИФ) у больных с различными клиническими формами туберкулеза в процессе проведения химиотерапии

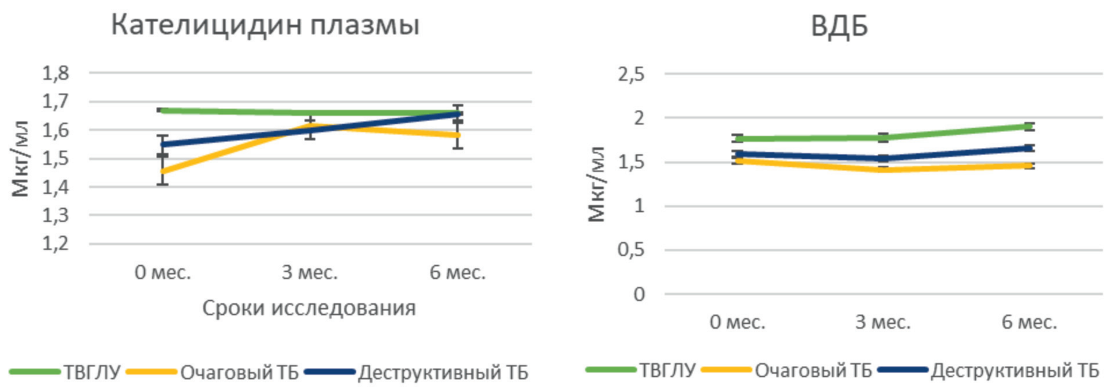
Показатель / Группы больных	Сроки обследования		
	до начала химиотерапии	через 3 мес. химиотерапии	через 6 мес. химиотерапии
ИНФ-γ (пг/мл)			
Очаговый ТБ	–	4,7±3,4	15,5±7,6
ТВГЛУ	4,4 ± 2,4	13,1 ± 2,5*	10,0 ± 5,3
Деструктивный ТБ	4,6 ± 2,4	58,8 ± 8,7**	23,9 ± 7,6***
МИФ (пг/мл)			
Очаговый ТБ	2455,1 ± 522,9	2246,6 ± 366,8	952,2 ± 36,2*****
ТВГЛУ	837,3 ± 107,6****	1462,9 ± 384,7	1451,1 ± 252,9
Деструктивный ТБ	1439,0 ± 188,8	2122,7 ± 362,4	2572,2 ± 661,7

Примечание. *P = 0,03471 при сравнении с уровнем до начала химиотерапии;
**P = 0,00824 при сравнении с уровнем до начала химиотерапии;
***P = 0,00915 при сравнении с уровнем до начала химиотерапии;
****P = 0,00965 при сравнении с очаговым ТБ; ****P = 0,011826 при сравнении с деструктивным туберкулезом;
*****P = 0,00486 при сравнении с уровнем до начала химиотерапии.



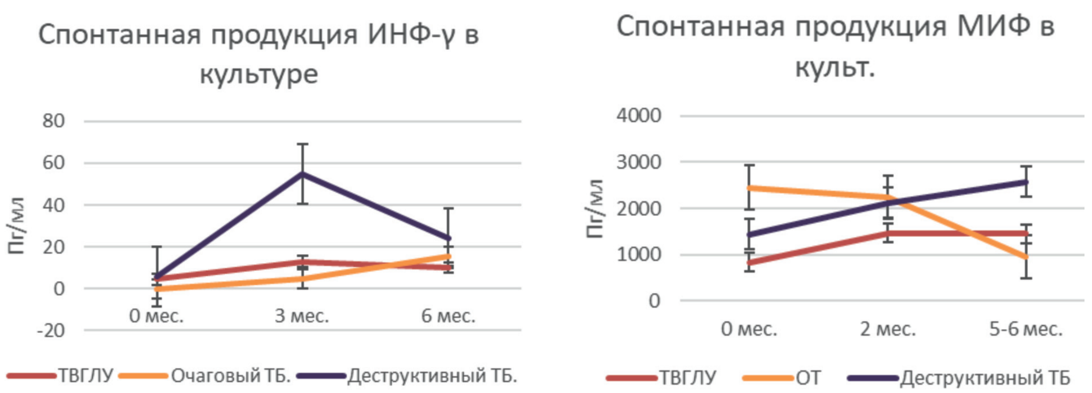
А *Б*

Рис. 1. Содержание гранулизина и перфорина в плазме крови больных на фоне проводимой противотуберкулезной химиотерапии



А *Б*

Рис. 2. Содержание кателицидина и ВДБ в плазме крови больных на фоне проводимой противотуберкулезной химиотерапии



А *Б*

Рис. 3. Спонтанная продукция ИНФ-γ и МИФ в суточной культуре клеток крови больных на фоне проводимой противотуберкулезной химиотерапии

Заключение

Сравнительная оценка содержания в плазме крови детей и подростков, больных различными формами туберкулеза органов дыхания, цитолитических молекул, характеризующих выраженность реакций врожденного звена противотуберкулезного иммунитета, показала достоверное снижение продукции перфорина у больных деструктивным туберкулезом по сравнению с группой инфицированных МБТ и отсутствие различий в продукции остальных факторов (гранулизин, кателицидин и ВДБ). Низкий уровень продукции перфорина сохранялся у больных с деструктивным туберкулезом, несмотря на проводимое лечение. Можно предположить, что к группе больных с деструктивным туберкулезом в отличие от «малых» форм относятся лица, несущие DRB1*1501 аллель локуса гистосовместимости HLA-DR2, для которых описано значительное снижение общего числа перфорин-положительных клеток CD16+ и CD56+клеток по сравнению с лицами, имеющими аллель DRB1*1502 [12].

Достоверное увеличение содержания гранулизина плазмы крови показано нами только для группы больных очаговым туберкулезом, что в целом совпадает с литературными данными об увеличении его продукции у больных туберкулезом детей активным легочным туберкулезом после проведенного 4-х месячного курса химиотерапии. Однако авторами эти данные представлены для больных туберкулезом без разделения на клинические формы процесса [13].

Нами не выявлено достоверных различий и динамических изменений уровней кателицидина и ВДБ в исследованных группах больных, но делать вывод о малой значимости этих факторов врожденного иммунитета преждевременно, поскольку сравнение проводилось на небольших группах.

Увеличение продукции ИНФ-γ у больных с деструктивным туберкулезом подтверждает аналогичные данные, полученные ранее в других исследованиях [8]. Сведения о его продукции у больных ТВГЛУ и очаговым туберкулезом описаны впервые и представляет интерес факт увеличения его выработки у больных ТВГЛУ к 3 мес. лечения, но отсутствие дальнейшей положительной динамики указывает на недостаточность его выработки для активизации функции макрофагов в элиминации микобактерий, персистирующих в ткани лимфоузлов больных [4]. Фактор торможения миграции макрофагов (МИФ) был одним из первых гуморальных провоспалительных факторов инфекционного иммунитета, открытый одновременно B.R. Bloom, B. Bennet (1966). Вариабельность его продукции у здоровых добровольцев и больных различными инфекционными заболеваниями обусловлена генетически и описана положительная корреляция доминантного аллельного полиморфизма в положении 173C с наличием и выраженностью туберкулеза [14]. Положительная и отрицательная динамика продукции МИФ у больных в зависимости от положительного, торпидного и прогрессирующего характера течения процесса описана нами ранее для различных форм деструктивного туберкулеза [10]. Можно предположить, что при очаговых формах туберкулеза генетически обусловленная изначальная продукция МИФ способствует локализации процесса, тогда как при ТВГЛУ его уровень и функциональная кооперация с другими провоспалительными цитокинами недостаточна для подавления роста и элиминации микобактерий из очагов поражения.

Список литературы

1. Туберкулез органов дыхания. Руководство для врачей / Под ред. проф. Эргешова А.Э. – М., 2017. – С. 33–44.

2. Mustafa T., Leversen N.A., Sviland L., Wiker H.G. Differential in vivo expression of mycobacterial antigens in Mycobacterium tuberculosis infected lungs and lymph node tissues. BMC Infectious Diseases, 2014, Vol. 14, pp. 535. DOI: 10.1186/1471-2334-14-535.

3. Wolf A.J., Linas B.L., Trevejo-Nunez G.J., Kincaid E., Tamura T., Takatsu K., Ernst G.D. Mycobacterium tuberculosis Infects Dendritic Cells with High Frequency and Impairs Their Function In Vivo., J. Immunol., 2007, Vol. 179, pp. 2509–2519.

4. Zewdie O., Mihret A., Ameni G., Worku A., Gemechu T., Abebe T. Molecular typing of mycobacteria isolated from tuberculous lymphadenitis cases in Addis Ababa, Ethiopia., Int. J. Tuderc. Lung Dis., 2016, Vol. 20, no.11, pp. 1529–1534.

5. Abhimanyu Bose M., Varma-Basil M., Jain A., Sethi T., Tiwari P.K., Agrawal A., Banavaliker J.N., Bhowmick K.T. Establishment of Elevated Serum Levels of IL-10, IL-8 and TNF-β as Potential Peripheral Blood Biomarkers in Tubercular Lymphadenitis. A Prospective Observational Cohort Study. PLoS ONE 2016, Vol. 11, no. 1: e0145576.

6. Andrea M. Cooper, Katrin D. Mayer-Barber, Alan Sher. Role of innate cytokines in mycobacterial infection. Mucosal Immunol. 2011 May; 4(3): 252–260. DOI: 10.1038/mi.2011.13.

7. Rahman S., Gudetta B., Fink J., Granath A., Ashenafi S., Aseffa A., Derbew M., Svensson M., Andersson J., Grundstrom Brighenti S. Few CD8+ Effector T Cells but Elevated Levels of FoxP3+ Regulatory T Cells in the Granulomatous Lesions // Am. J. Pathol. 2009. V. 174. P. 2211–2224.

8. Akdis M., Alar A., Altunbulakli C., Azkur K., Costa R.A., Crameri R., Duan S.e.a. Interleukins (from IL-1 to IL-38), interferons, transforming growth factor b, and TNF-a: Receptors, functions, and roles in diseases. J allergy clin immunol. 2016, V. 138, P. 984–1010.

9. Rajaram M.V., Ni B., Dodd C.E., Schlesinger L.S. Macrophage immunoregulatory pathways in tuberculosis.

Semin Immunol. 2014. URL: http://dx.doi.org/10.1016/j.smim.2014.09.010 (application: 16.06.2018).

10. Авербах М.М., Панова Л.В., Овсянкина Е.С. Продукция фактора торможения миграции макрофагов и интерлейкина 8 у детей и подростков при распространенных формах туберкулеза легких // Туберкулез и болезни легких. – 2015. – № 8. – С. 43–47.

11. Авербах М.М., Горелова Л.А., Губкина М.Ф., Панова Л.В. Динамика спонтанного и антиген стимулированного синтеза INF-γ при различных клинических формах туберкулеза у детей и подростков в процессе проведения химиотерапии. Актуальные проблемы туберкулеза // Материалы V межрегиональной научно-практической и учебно-методической конференции с международным участием, посвященной Всемирному дню борьбы с туберкулезом и памяти чл.-кор. РАМН В.В. Ерохина (11 марта 2016 г., г. Тверь). – 2016. – С. 16–22.

12. Rajeswari D.N., Selvaraj P., Raghavan S., Jawahar M.S., Narayanan P.R. Influence of HLA-DR2 on perforin-positive cells in pulmonary tuberculosis // International Journal of Immunogenetics. 2007. V.34. P. 379–384.

13. Di Liberto D., Buccheri S., Caccamo N., Serena Meraviglia S., Amelia Romano A., Di Carlo P., Titon L., Francesco Dieli F., Krensky AM.., Salerno A. Decreased serum granulysin levels in childhood tuberculosis which reverse after therapy. Tuberculosis (Edinb). 2007. V. 87. P. 322–328.

14. Gomez L.M., Sanchez E., Ruiz-Narvaez E.A., Lopez-Nevot M.A., Anaya J.M., Martin J. Macrophage migration inhibitory factor gene influences the risk of developing tuberculosis in northwestern Colombian population. Tissue Antigens. 2007. V. 70. P. 28–33.

УДК 615.326

КОНЦЕНТРАЦИОННЫЕ КОРРЕЛЯЦИИ ЭЛЕМЕНТНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ГЕМОСТАТИЧЕСКИХ РАСТЕНИЙ

Будко Е.В., Ямпольский Л.М., Жуков И.М., Черникова Д.А.

ФГБОУ ВО «Курский государственный медицинский университет» Минздрава России, Курск, e-mail: yampolsky.leonid@yandex.ru

В статье дан анализ особенностей элементной структуры растений с различным содержанием таннидов, в частности кровохлёбки лекарственной и крапивы двудомной, по отношению к их гемостатическим свойствам. В качестве объектов сравнения использованы данные по растениям, не применяющимся в качестве гемостатиков и содержащим БАВ иных химических групп. Исследованы количественные характеристики содержания химических элементов (в ммоль/кг) в тканях растений в пересчёте на абсолютно сухое сырьё. Отмечено, что для рассмотренных групп растений характерно наличие определенных наборов стабильных и менее стабильных по уровню присутствия в сырье химических элементов. Относительная устойчивость содержания некоторых элементов в растениях находится вне зависимости от природных условий и определяет их основные функциональные процессы и эффективность биологически активных соединений в жизни растений. Так, например, калий, железо имеют разброс в один порядок значений концентраций для всех рассмотренных растений. При изучении концентрационных корреляций пар некоторых элементов, например, меди, марганца, магния, хрома и т.д., выявлены устойчивые соотношения, которые сопоставимы с определенной гемостатической активностью изученных растений. Показано, что соотношение некоторых элементов, например «калий – магний» является специфическим для гемостатиков независимо от количества таннидов в тканях изучаемых растений, что предполагает не случайность разброса уровней элементов в изучаемых объектах, свидетельствует об их важной структурообразующей функции в составе «минеральной гемостатической матрицы».

Ключевые слова: гемостаз, дубильные вещества, кровохлёбка лекарственная, крапива двудомная, микроэлементы, элементный состав, марганец, медь, хром, железо, калий, магний

THE CONCENTRATION CORRELATIONS OF THE ELEMENTAL ORGANIZATION OF THE HEMOSTATIC PLANTS

Budko E.V., Yampolskiy L.M., Zhukov I.M., Chernikova D.A.

Kursk State Medical University, Kursk, e-mail: yampolsky.leonid@yandex.ru

The article analyzes the features of the elemental structure of plants with different contents of tannins, in particular, medicinal hematopoietic and nettle dioecious, in relation to their hemostatic properties. As objects of comparison, data on plants that are not used as hemostatics and contain BAS of other chemical groups are used. The quantitative characteristics of the content of chemical elements (in mmol/kg) in plant tissues in terms of absolutely dry raw materials were investigated. It is noted that for the considered groups of plants is characterized by the presence of certain sets of stable and less stable in terms of the presence of chemical elements in the raw material. The relative stability of the content of some elements in plants is independent of natural conditions and determines their basic functional processes and the effectiveness of biologically active compounds in plant life. So, for example, potassium, iron has a scatter one order of magnitude of concentrations in all researched plants. While studying the concentration correlations of some elements pairs, for example, copper, manganese, magnesium, chromium, etc., the stable ratios are revealed, which are comparable with a certain hemostatic activity of the studied plants. It is shown that the ratio of some elements, such as «potassium – magnesium» is specific for hemostatics regardless of the number of tannins in the tissues of the studied plants, which does not imply the randomness of the dispersion of the levels of elements in the studied objects, indicates their important structure-forming function in the «mineral hemostatic matrix».

Keywords: hemostasis, anning agent, Sanguisorba officinalis, Achillea millefolium, Urtica dioica, trace elements, elemental composition, manganese, copper, chrome, iron, potassium, magnesium

Способность природных систем концентрировать в себе (относительно окружающей среды) определенные элементы минерального питания, формируя специфические органо-минеральные комплексы, широко известна. При этом многочисленные исследования показали их многофункциональность и оптимальность использования [1] в качестве БАВ, в том числе для поддержания элементного баланса организма. Хорошо известна гемостатическая активность таннидов – растительных полифенольных соединений с молекулярной массой от 500 до 3000. За счет способности образовывать прочные связи с белками и алкалоидами танниды обладают дубящими свойствами. В частности, при их взаимодействии с коллагеном, происходит образование устойчивой поперечно-связанной структуры за счет возникновения водородных связей между белковыми молекулами и фенольными гидроксилами дубильных веществ. При этом простые фенолы дубящее действие не оказывают, но вместе с фенолкарбоновыми кислотами сопутствуют дубильным веществам.

Важнейшее свойство таннидов, являющихся производными фенола, – способность к активному взаимодействию с катионами металлов, что позволяет, например, применять соли железа, свинца, цинка для анализа содержания этой группы дубильных веществ. Предрасположенность таннидов и металлов к взаимодействию *in vitro* предполагает подобные процессы *in vivo*. Действительно, многими исследователями показано избирательное накопление Mn, Cu, Cr лекарственными растениями, продуцирующими дубильные вещества [1]. Марганец обеспечивает синтез таннидов и аскорбиновой кислоты, причем их количество коррелирует с накоплением данного элемента. С присутствием меди, как правило, связывают активизацию специфических флавопротеиновых ферментов. Однако весьма вероятно образование металлокомплексов и самими полифенольными структурами. Таким образом, можно предположить, что гемостатические свойства таннид-содержащих растений определяются наличием активных металлорганических комплексов с участием таннидов в качестве лигандных структур.

Известно, что минеральные вещества сухого растительного сырья при приготовлении отваров и настоев способны переходить в водный раствор в среднем на 50–60 %, обогащая препарат необходимыми организму человека микро- и макроэлементами. Широкое распространение получили отвары таннид-содержащих растений с высокой гемостатической активностью. Как кровоостанавливающие средства при маточных, желудочных и геморроидальных кровотечениях применяют отвары коры калины, корневищ с корнями кровохлебки, корневищ лапчатки, соплодий ольхи. Наружно применяют отвары коры дуба, корневищ бадана, змеевика, лапчатки.

Исходя из представления о БАВ растительного происхождения как о сложных органо-минеральных комплексах, необходимо провести исследование взаимосвязи соотношения отдельных макро- и и микроэлементов с содержанием таннидов и уровнем гемостатической активности растений.

Проведен анализ результатов исследования микроэлементного состава двух групп растений. В первую группу вошли растения, содержащие дубильные вещества на уровне 13–30 %: кровохлебка лекарственная [1, 2], зверобой продырявленный, зайцегуб опьяняющий, лапчатка прямостоячая, брусника [3], черника обыкновенная. Во вторую отнесены растения, содержащие менее 10 % дубильных веществ и преимущественно иные группы БАВ и относящиеся, соответственно, к различным химическим группам: крапива двудомная [4, 5], земляника восточная (лист), горец перечный, подорожник большой, пастушья сумка, фиалка трехцветная. Для каждой группы растений представлено по пять исследований элементного состава, проведено сопоставление данных различных научных источников, что обеспечило возможность статистического распределения по географическим и климатическим параметрам. Количественные показатели элементов приведены к ммолям/кг воздушно-сухого сырья и логарифмированы.

Цель исследования: провести исследование взаимосвязи соотношения отдельных макро- и и микроэлементов с содержанием таннидов и уровнем гемостатической активности растений.

Задачи: проведение исследований элементного состава и сопоставительный анализ с литературными данными по избранным группам растений.

Методы исследования: для получения данных по элементному составу исследуемых групп растений нами был использован известный метод МС-ИСП, позволяющий наиболее полно и достаточно экспрессно получить необходимые результаты. Нами применялась экспериментальная установка: масс-спектрометр с индуктивно-связанной плазмой Agilent 7900.

Результаты исследования и их обсуждение

Как видно из рис. 1, всем избранным растениям, за исключением крапивы, свойственно достаточно высокое содержание марганца. Значения концентраций меди у кровохлебки и крапивы близки друг другу. В группах других растений, содержащих танниды и «растений с другими БАВ» уровень меди в среднем на порядок ниже, чем у кровохлебки лекарственной и крапивы двудомной. Гемостатики – корневища кровохлебки и листья крапивы – содержат наиболее близкие уровни марганца и меди. Другие растения с высоким содержанием таннидов и растения иных групп чаще содержат более низкие количества меди и более высокие количества марганца. Уровни хрома в сырье растений всех исследуемых групп имеют разброс в три-четыре порядка значений и его максимальные концентрации примыкают к уровням меди.

Более детально соотношение элементов в составе исследуемых групп показано на рис. 2. Уровни меди и марганца (рис. 2, А) в корневищах кровохлебки имеют устойчивые соотношения в диапазоне 0,01–0,1 ммоль/кг по меди и 0,5–50 ммоль/кг по марганцу. Концентрационные данные по растениям, входящим в группу «…с таннидами» аналогичны. Крапива – напротив, содержит более высокие уровни меди при средних концентрациях марганца. Интересно, что для сырья с различным содержанием таннидов: корневищ кровохлебки, листьев крапивы и травы некоторых других растений, точки, отражающие соотношение уровней Cu÷Mn в диапазоне концентраций 0,01–1,0÷0,5–50,0 ммоль/кг соответственно, образуют две стабильные, компактные группы (соотношение уровней Cu÷Mn в группах 1÷10 и 1÷10000). На диаграмме (рис. 2, Б) показаны соотношения меди и хрома. Несмотря на определенную сгруппированность, данные выстраиваются в последовательность с корреляцией в диапазоне 0,58÷0,87. На рис. 3, А, для исследуемых групп растений представлены зависимости уровней железа от количества марганца. В объектах с высоким содержанием дубильных веществ, в том числе корневищах кровохлебки, уровни железа весьма стабильны. При этом аналогичные данные получены и для листьев крапивы – сырья с низким содержанием таннидов. На графике соотношения уровней для этих объектов образуется группа в диапазоне концентраций Fe÷Mn 0,5–50÷0,5–50 ммоль/кг соответственно. Концентрации макроэлементов кальция и калия во всех изучаемых растениях подобны. Уровни магния в сырье растений, содержащих различные по структуре БАВ, имеют значительный разброс (рис. 3, Б), при этом соотношение Mg÷K образует группировки в диапазоне концентраций 100–1000÷100–1000 и 100–1000÷0,01–0,1 ммоль/кг соответственно. В корневищах кровохлебки и сырье других растений с высоким содержанием таннидов содержатся более низкие уровни магния (0,1–0,01 ммоль/кг) и устойчивые уровни калия (100–1000 ммоль/кг).

Таким образом, результаты проведенных исследований показали, что абсолютные значения концентраций марганца, меди и хрома для рассматриваемых растений слабо коррелируют с наличием или отсутствием таннидов. Из рис. 1 видно, что кровохлебка лекарственная и крапива двудомная, обладающие высокой гемостатической активностью, имеют сходные концентрации марганца и меди. При этом в кровохлебке обнаруживают 14–25% таннидов, а в крапиве только 0,4–1,0%. С другой стороны, растения, отобранные нами в группу «…с таннидами», содержат их 10–30%, имеют иное соотношение уровней марганца и меди, и при этом, далеко не всегда применяются в качестве гемостатиков. Растения группы «…с другими БАВ» имеют такое же соотношение уровней марганца и меди как в группе «…с таннидами». Они также не обладают ни высокими концентрациями таннидов, ни активным воздействием на свертываемость крови. К тому же накопление элементов, в частности марганца, часто связывают с наличием других БАВ – гликозидов, алкалоидов, терпенов, которые присутствуют в большинстве растений, что не сопровождается возникновением значимой гемостатической активности [6].

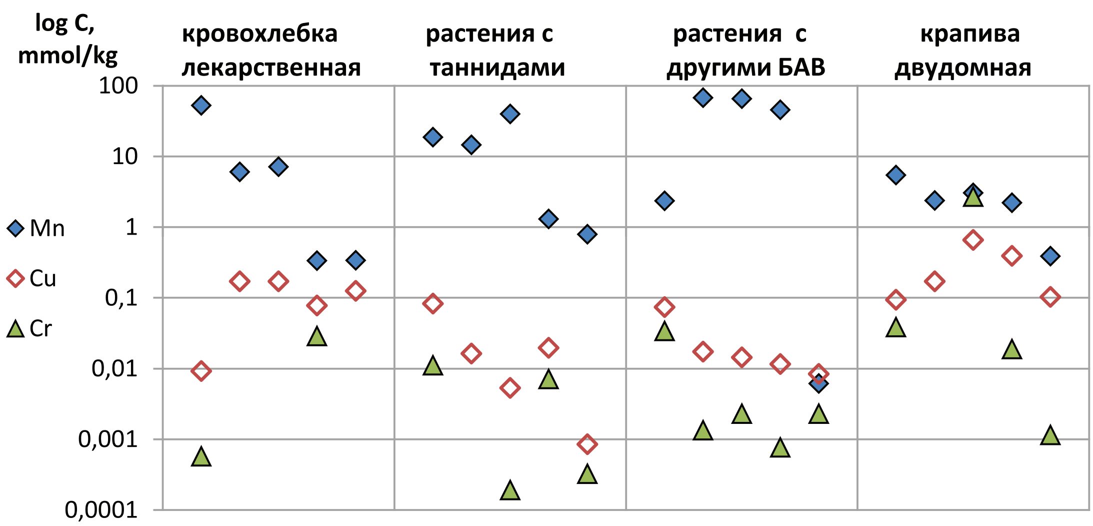
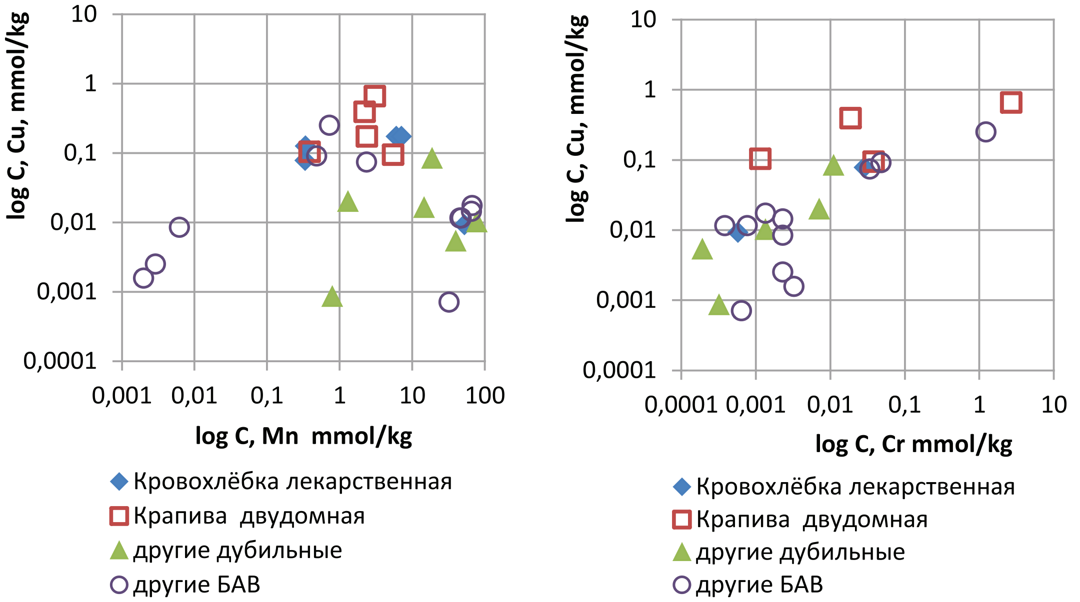
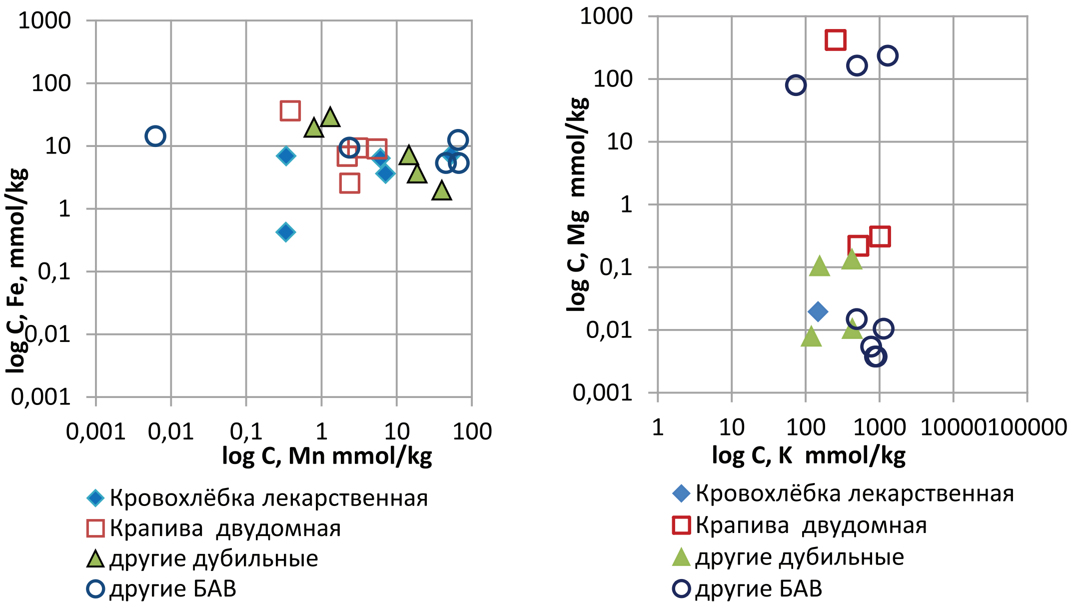


Рис. 1. Содержание марганца, меди и хрома в корневищах кровохлебки лекарственной; растениях с содержанием таннидов более 10%; растениях с содержанием других БАВ и таннидов менее 10%; листьях крапивы двудомной



А *Б*

Рис. 2. Соотношения медь÷марганец (А) и медь÷хром (Б) для растений всех исследуемых групп



А *Б*

Рис. 3. Соотношения железо÷марганец (А) и магний÷калий (Б) для растений исследуемых групп

Нельзя забывать, что марганец – активный редокс-компонент ряда энзимов – в составе растений является антагонистом железа, никеля, меди, цинка и, в то же время, синергистом цинка, железа и кобальта [1]. Это подтверждает значимость соотношений между этими элементами в составе растений, в частности, характерных для активных гемостатиков на примере кровохлебки лекарственной и крапивы двудомной.

На рис. 2 и 3 для исследуемых групп растений: сырья кровохлебки лекарственной, крапивы двудомной и других растений исследуемых групп – наглядно проявляются определенные межэлементные соотношения. Так, на рис. 2, А, показано соотношение уровней медь/марганец, которое в среднем для большинства исследуемых растений составляет 1÷10 и 1÷10000 при стабильных концентрациях меди 0,5 и 0,01 ммоль/кг соответственно. Данные устойчивые группы соотношений, видимо, можно рассматривать как результат концентрационного антагонизма меди и марганца: соотношение 1÷10000 реализуется при более низком значении уровня меди, чем соотношение 1÷10.

На рис. 2, Б для меди и хрома также проявляются устойчивые группировки межэлементных соотношений. Соотношение количеств Cu÷Cr 0,1÷0,05 ммоль/кг является общим для растений разных групп, в том числе для сырья крапивы двудомной и кровохлебки лекарственной. Еще одна устойчивая группировка межэлементных соотношений для растений, относящихся к разным изучаемым группам, наблюдается при количествах Cu÷Cr 0,01÷0,0005–0,005 ммоль/кг. Однако в эту зону не попадают данные по крапиве двудомной, сырье которой содержит более высокие (0,1–1,0 ммоль/кг) и стабильные уровни меди. В целом соотношение Cu÷Cr 1÷0,5 является общим для многих исследуемых растений, кратно отличаясь в абсолютных значениях.

Стабильные группы межэлементных соотношений марганца и железа (рис. 3, А) для растений, относящихся к разным изучаемым группам, объединены в области концентраций Mn÷Fe 1–100÷1–10 ммоль/кг соответственно. Построение показывает прирост марганца при относительно стабильных уровнях железа для всех изучаемых групп растений (в том числе для кровохлебки лекарственной и крапивы двудомной), что позволяет допустить относительность антагонизма данных элементов.

Соотношения магния и калия (рис. 3, Б) так же демонстрируют группировку значений, общую для растений, относящихся ко всем изучаемым группам. В сырье исследуемых растений соотношение уровней Mg÷K составляет 1÷10000 с высокой долей вероятности. Интересно, что у крапивы и растений группы «… другими БАВ» выявлена еще одна группа уровней Mg÷K – при соотношении 1÷1.

Анализ результатов исследования элементного состава показал, что для растений, относящихся к разным группам по преимущественному накоплению БАВ и обладающим соответственно различными фармакологическими эффектами, более специфично соотношение элементов и стабильность их уровней по диапазону представительства в сырье. Так в растениях с высоким содержанием таннидов, например, уровни калия и железа имеют разброс в один порядок значений концентраций [6]. Их, а также магний, кальций, цинк, никель можно отнести к стабильным, по уровню присутствия в сырье.

Хотелось бы обратить внимание, что данное корреляционное изучение пар элементов позволяет оценить синергизм накопления (например, медь и хром) и его отсутствие (например, калий и магний), что соответствует мнению других авторов [7].

Выводы

Микроэлементный состав изученных нами растений представляет собой совокупность более устойчивых и более вариабельных в абсолютных концентрационных значениях элементов. Распределение количественных показателей элементного состава по данным различных научных источников соответствует уровню самоорганизации, прежде всего, элементной системы растения и не является случайным. Сходные абсолютные количества и соотношения марганца, меди, железа, калия и магния соответствуют высокой гемостатической активности корневищ кровохлебки и листьев крапивы при том, что таннид-содержащим является только кровохлебка. Растения с высоким и низким содержанием таннидов при недостаточной концентрации и соотношениях указанных элементов не проявляют необходимой гемостатической активности. Кратность элементных концентрационных соотношений предполагает образование устойчивых межэлементных металлорганических комплексов, определяющих требуемую биологическую активность. Присутствие таннидов в качестве лигандов не предопределяет содержание марганца, меди, железа, калия и магния в тканях растений и не обуславливает гемостатические свойства таннид-содержащих растений.

Проведённое исследование подтверждает идею о наличии функционально-необходимого элементного состава растений, определяющего особенности их биологической, в частности, гемостатической активности. Учитывая способность к комплексообразованию большинства химических элементов, очевидно, что элементный набор определяет возможность и порядок синтеза биологически активных веществ, осуществляет его координацию, устанавливает приоритетность фармакологической активности. Сопоставление выявленных участков стабильности на графической зависимости межэлементных соотношений позволяет предположить, что данные элементные соотношения являются частью «минеральной гемостатической матрицы», определяющей гемостатические свойства растения.

Список литература

1. Ребров В.Г. Витамины, макро- и микроэлементы / В.Г. Ребров, О.А. Громова. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008. – 960 с.

2. Струпан Е.А. Химический состав дикорастущего лекарственного сырья, произрастающего в Красноярском крае / Е.А. Струпан, Н.Н. Типсина, О.А Струпан // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2008. – № 1. – С. 124–126.

3. Лютикова М.Н. Химический состав и применение ягод брусники и клюквы / М.Н. Лютикова, Э.Х. Ботиров // Химия растительного мира. – 2015. – № 2. – С. 5–27.

4. Тринеева О.В. Исследование микроэлементного состава листьев крапивы двудомной / О.В. Тринеева, А.И. Сливкин // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Медицина. Фармация. – 2015. – Т. 32, № 22 (219). – С. 169–174.

5. Продуцирование биологически активных веществ в тканях urtica dioica l. На шламовом поле криолитового производства / А.А. Гладышев [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2012. – Т. 4, № 36–1. – С. 215–218.

6. Алексеева-Попова Н.В. Микроэлементный состав растений Полярного Урала в контрастных геохимических условиях / Н.В. Алексеева-Попова, И.В. Дроздова // Экология. – 2013. – № 2. – С. 90–98.

7. Гагарская (Игнатова) Н.К. Мониторинг элементного состава листьев берёзы, дуба, лещины и состояния мелких млекопитающих в техногеосистеме / Н.К. Гагарская (Игнатова), Е.Н. Чернова // Вестник КрасГАУ. – 2013. – № 1. – С. 74–79.

УДК 616-073.7:617.55

СЛОЖНОСТИ КЛИНИКО-СОНОГРАФИЧЕСКОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ АБДОМИНАЛЬНОГО ЭНДОМЕТРИОЗА И ДЕСМОИДА

Кадырова А.И., Миненков Г.О., Абдуллаева А.А., Юсупова Д.В.

Кыргызская государственная медицинская академия им. И.К. Ахунбаева, Бишкек, e-mail: al-kadyrova@yandex.ru

Проведен детальный анализ литературы и приведенных нами клинических случаев, указывающих на трудности клинико-сонографической дифференциальной диагностики десмоидных фибром и экстрагенитального эндометриоза мягких тканей передней брюшной стенки, в связи со схожестью их возникновения, роста и течения. Данные нозологические структуры отнесены в отдельную группу заболеваний с агрессивным течением: десмоиды – к местно-деструктивным опухолям со склонностью к рецидивированию, эндометриоз – к опухолеподобным заболеваниям, со склонностью к метастазированию. Их особенностью является то, что они полностью лишены признаков тканевого и клеточного атипизма, при малых размерах клиническое течение может оставаться длительное время бессимптомным. При достижении больших размеров десмоиды передней брюшной стенки имитируют саркому, эндометриоз редко малигнизируется в светлоклеточную карциному. Понятно, какое значение имеет своевременная диагностика, однако как ранняя, так и поздняя их дифференциация представляет определенные сложности. При выявлении схожих клинико-сонографических изменений мягких тканей передней брюшной стенки нами рекомендовано проведение хирургического лечения с последующей патоморфологической верификацией процесса. Требуется тщательное длительное динамическое наблюдение пациентов из-за высокого риска рецидивирования.

Ключевые слова: абдоминальный эндометриоз, абдоминальный десмоид, ультразвуковое исследование, дифференциальная диагностика

DIFFICULTIES OF CLINICO-SONOGRAPHIC DIFFERENTIAL DIAGNOSTICS OF ABDOMINAL ENDOMETRIOSIS AND DESMOID

Kadyrova A.I., Minenkov G.O., Abdullaeva A.A., Yusupova D.V.

I.K. Akhunbaev Kyrgyz State Medical Academy, Bishkek, e-mail: al-kadyrova@yandex.ru

A detailed analysis of the literature and the clinical cases presented by us, pointing out the difficulties in the clinical and sonographic differential diagnosis of desmoid fibrosis and extragenital endometriosis of the soft tissues of the anterior abdominal wall, in connection with the similarity of their appearance, growth and course. These nosological structures are classified as a separate group of diseases with aggressive course: desmoids belong to locally-destructive tumors with a tendency to recur; endometriosis belongs to tumor-like diseases, with a tendency to metastasis. Their peculiarity is that they are completely devoid of signs of tissue and cellular atypism, at small sizes the clinical course can remain asymptomatic for a long time. When large sizes are reached, the desmoids of the anterior abdominal wall mimic sarcoma; endometriosis is rarely malignant in the clear cell carcinoma. It is clear, what is the significance of timely diagnosis, but both their early and late differentiation presents certain difficulties. When we identify similar clinical and sonographic changes in the soft tissues of the anterior abdominal wall, we recommend surgical treatment followed by pathomorphological verification of the process. A careful long-term follow-up of patients is required because of the high risk of recurrence.

Keywords: abdominal endometriosis, abdominal desmoid, ultrasound, differential diagnosis

Проблема диагностики и лечения экстрагенитального эндометриоза и десмоида передней брюшной стенки продолжает привлекать повышенное внимание онкологов, гинекологов и врачей ультразвуковой диагностики [1, 2].

Экстрагенитальный эндометриоз передней брюшной стенки является редким опухолеподобным поражением. Он развивается в результате имплантации кусочков эндометрия в края операционной раны во время акушерско-гинекологических операций, связанных со вскрытием полости матки [3, 4]. Всего на долю экстрагенитального эндометриоза приходится 6–8 % от всех гинекологических заболеваний и 0,03–1 % в общей структуре заболеваемости [4]. Чаще он возникает у женщин репродуктивного возраста от 25 до 45 лет. Клинические симптомы зависят от локализации заболевания, но практически всегда прослеживается связь с менструальным циклом женщины [5, 6].

Десмоидные опухоли являются редкими мускулоапоневротическими опухолями мезенхимального происхождения, возникающими в результате пролиферации хорошо дифференцированных фибробластов. На долю десмоидов приходится 0,03 % всех новообразований и 3,5 % всех опухолей мягких тканей, чаще поражают молодых женщин в возрасте от 20 до 40 лет [7]. Принята теория их травматического происхождения на почве надрывов мышц и соединительнотканных элементов. Кроме того, отмечается связь его возникновения с беременностью и последующими родами, приемом оральных контрацептивов, гиперэстрогенией [3].

Золотым стандартом для диагностики опухолей и опухолеподобных заболеваний мягких тканей передней брюшной стенки является УЗИ. Вместе с тем еще не полностью изучены его возможности в дифференциальной диагностике описываемых заболеваний, в связи с отсутствием разработанных систематизированных сонографических критериев [1]. Процент диагностических ошибок остается высоким и достигает 60–90 % [3]. Все вышеперечисленное позволяет считать проведенное исследование актуальным.

Цель исследования: провести детальный сравнительный анализ приведенных нами клинических случаев с данными литературы для выявления достоверных клинико-эхографических критериев в дифференциальной диагностике эндометриоза и десмоида передней брюшной стенки.

Материалы и методы исследования

В период с мая 2014 г. по сентябрь 2017 г. под нашим наблюдением находились три женщины фертильного возраста 23, 30 и 38 лет. Две из них получили стационарное лечение по поводу эндометриоза и одна по поводу десмоида мягких тканей передней брюшной стенки. Всем было проведено комплексное обследование, включающее сбор анамнестических данных, гинекологическое обследование, клинико-лабораторное обследование, УЗИ и МРТ объемных новообразований передней брюшной стенки, ТАПБ опухолей под ультразвуковым контролем, оперативные вмешательства в объеме иссечения в пределах здоровой ткани с последующим гистоморфологическим исследованием. Комплексная сонографическая визуализация выполнена на ультразвуковом сканере GE Logic P6 (США) с использованием стандартных методик. В зонах интереса мягких тканей проводили доплерографию сосудов с исследованием скорости кровотока и анализом доплеровского спектра эхосигналов.

Результаты исследования и их обсуждение

Общая симптоматология экстрагенитального эндометриоза и десмоидной фибромы мягких тканей передней брюшной стенки включали в себя наличие болезненного опухолеподобного образования, прогрессивный автономный рост, способность инфильтрировать окружающие мягкие ткани, а также схожие клинико-анамнестические признаки, такие как прием оральных контрацептивов и оперативное родоразрешение. Общими сонографическими признаками являются неправильная форма, неровные контуры, солидная неоднородная структура. В режиме доплеровского сканирования во всех наблюдениях отмечалось наличие интранодулярных сосудов. Приводим клинические случаи.

Эпизод 1. Пациент Б., 30 лет, обратилась с жалобами на болезненные и обильные менструации (дисменорея, гиперполименорея), болезненные половые контакты (диспареуния), припухлость и асимметрию мягких тканей слева от пупка, наличие болей тупого характера, усиливающихся во время менструации и спадающих после. На основании локального статуса, данных УЗИ, гистероскопии, выскабливания полости матки установлен клинический диагноз – аденомиоз матки. Акушерско-гинекологический анамнез: регулярные и болезненные менструации начались с 15 лет, продолжительностью по 7 дней, регулярная половая жизнь – с 19 лет. Три беременности, из них 2 родов в 2008 и 2011 гг. через кесарево сечение, а также 1 медицинский аборт. В 2014 г. при УЗИ передней брюшной стенки в мягких тканях мезогастрия слева от пупка, в толще прямой мышцы живота, было обнаружено солидное объемное образование, на сосудистой артериальной ножке, толщиной до 16 мм, с четкими неровными контурами, размером до 37,7x13,0x29,5мм (рис. 1).

С учетом вышеизложенного была назначена гормонотерапия диферелином 11,25 мг каждые три месяца. На фоне проводимого лечения при УЗИ отмечалась положительная динамика, в виде уменьшения размеров объемного образования на 62 % (рис. 2).

Однако, через год, ссылаясь на соматический дискомфорт, больная отказалась продолжать гормональное лечение. Вышеописанные жалобы вновь появились в сентябре 2017 г., в связи с чем была проведена операция в объеме иссечения опухоли в пределах здоровой ткани. Макропрепарат: на фоне поперечно-полосатых мышечных волокон обнаружено образование без четких контуров и границ, размерами 37,0x41,2 мм, плотной консистенции. На разрезе оно серо-розового цвета, с очагами кровоизлияний. Гистологическое заключение: эндометриоз прямой мышцы передней брюшной стенки (рис. 3).

Эпизод 2. Пациент Ж., 23 года, в 2016 г. обратилась с жалобами на наличие болезненного образования в мягких тканях справа от пупка. Из анамнеза одни роды через кесарево сечение в 2013 г. Гинекологический статус без особенностей. Последние полтора года принимает оральные контрацептивы. При УЗИ мягких тканей передней брюшной стенки справа от пупка, в толще подкожно-жировой клетчатки, фасции и в толще прямой мышцы, обнаружено фиксированное гипоэхогенное солидное объемное образование, болезненное при компрессии датчиком, с четкими неровными контурами и интранодулярным кровотоком, размером 34,6 x 45,0 мм (рис. 4).

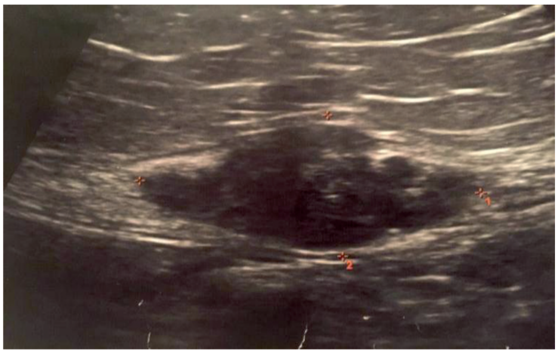


Рис. 1. Эхографическая картина до начала лечения

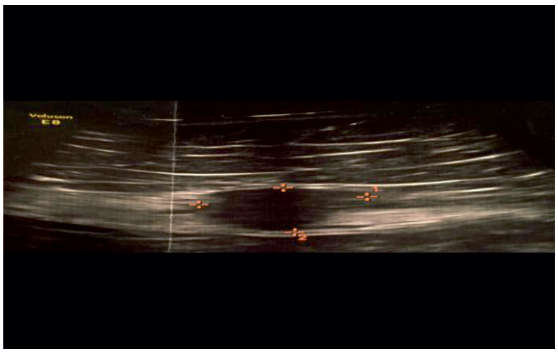


Рис. 2. Эхографическая картина спустя 6 месяцев от начала лечения

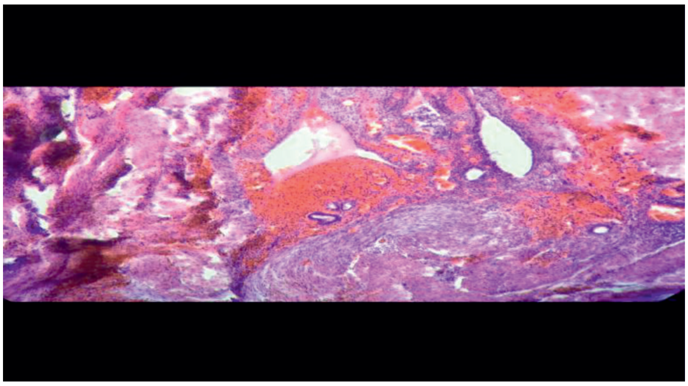


Рис. 3. Эндометриоз прямой мышцы передней брюшной стенки. Окраска гемотоксилином и эозином, х100

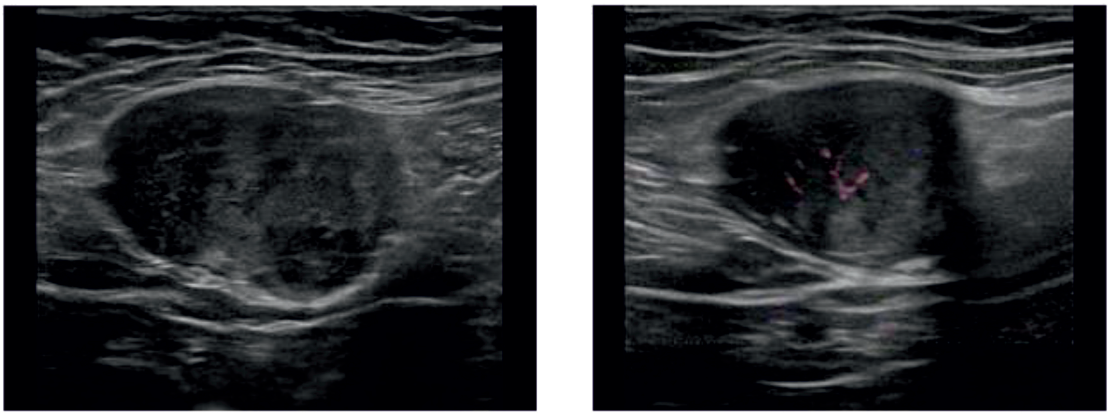


Рис. 4. Эхографическая картина описанного объемного образования

При повторных сонографических исследованиях в динамике отмечена тенденция к росту опухолевидного образования до 50,4х45,8 мм в поперечнике, без УЗ-признаков инвазии в подлежащие ткани. В клинической картине отмечалось увеличение интенсивности болей, которые имели место и в период менструального цикла. Была проведена чрескожная аспирационная пункционная биопсия. Цитологические данные за скопление зрелых фиброцитов и клеток, подобных фибробластам, что может соответствовать десмоиду мягких тканей. Проведена колоноскопия до уровня купола слепой кишки. Патологических изменений исследованных отделов толстой кишки не выявлено.

Больной был проведен курс терапии золадексом, но без видимого эффекта, в связи с чем была произведена операция в объеме иссечения солидного объемного образования с резекцией передней брюшной стенки.

Гистологическое заключение: десмоид с инфильтрацией прямой мышцы живота и жировой клетчатки (рис. 5). В течение девяти месяцев после операции данных за рецидив заболевания не выявлено, пациентка остается под клиническим наблюдением.

Эпизод 3. Пациентка К., 38 лет, обратилась с жалобами на боль в области пальпируемого уплотнения в области передней брюшной стенки. При физикальном обследовании по переднелатеральному контуру прямой мышцы живота обнаружена опухоль около 3 см в поперечнике. Имеется также отягощенный акушерский анамнез – две операции кесарева сечения в 2006 и 2012 гг. Нарушения менструального цикла не отмечает, жалоб по гинекологическому профилю не предъявляет. При колоноскопии патологических изменений не выявлено. По данным УЗИ в мягких тканях гипогастрия слева, в толще прямой и косых мышц, определяется солидное объемное образование низкой акустической плотности, гетерогенной структуры, размером до 27,8x30,5 мм в поперечнике. В режиме доплеровского картирования определяется интра- и перинодулярная артериальная перфузия.

По данным МРТ в мягких тканях брюшной стенки слева, на 6–7 см выше лобка и латерально от послеоперационного шва, определялось гетерогенное солидное образование 3,0×2,5 см с поражением прямой и косых боковых мышечных пучков и фасций. Контуры образования нечеткие, местами «лучистые» за счет перифокальной инфильтрации. Отмечается повышение интенсивности МР-сигнала в T1W режиме сканирования и умеренно выраженное утолщение веретеновидных мышц прямой мышцы живота вокруг поражения. Заключение: неоплазма мягких тканей передней брюшной стенки, не исключается малигнизация. Больной была выполнена эксцизионная биопсия. Гистологические данные за эндометриоз с перифокальной инфильтрацией мягких тканей.

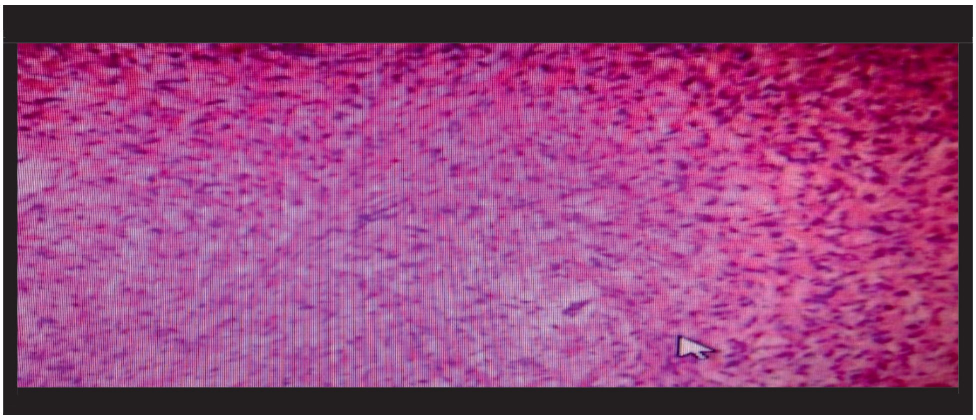


Рис. 5. Окраска гемотоксилином и эозином, х100

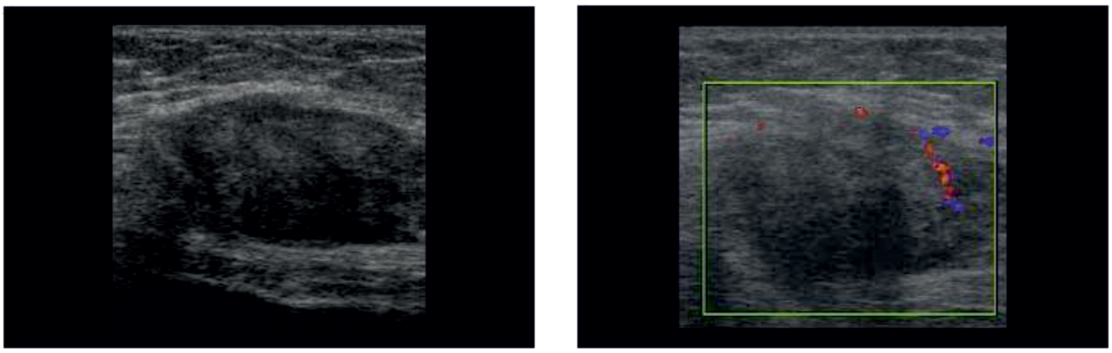


Рис. 6. Эхографическая картина описываемого объемного образования

В приведенных клинических случаях наглядно представлены определенные трудности в дифференцированной клинико-сонографической интерпретации представленных нами форм опухолевых образований. Во всех случаях анализируемые параметры крови находились в пределах нормы, а маркеры опухолей были отрицательными. Клинически выделена триада симптомов, состоящая из акушерской истории кесарева сечения, наличия опухолеподобных узлов вблизи хирургического рубца и цикличности болей. По многочисленным источникам литературы дифференциально-диагностическими критериями абдоминального эндометриоза является цикличность болей, умеренное увеличение опухолевого узла во второй фазе менструального цикла и нодулярная регрессия при гормонотерапии. Однако в наших наблюдениях мы отметили симптом цикличности при абдоминальном десмоиде, что подкрепляем также данными литературы [2, 8]. Кроме того, в литературе описываются случаи бессимптомного течения эндометриоза передней брюшной стенки, что также приносит затруднения в клинической диагностике [9, 10].

Атипичные презентации как эндометриоза, так и десмоида часто создают большую диагностическую проблему с учетом различных визуальных представлений описанных опухолей мягких тканей, особенно при оценке пациента с перенесенными операциями. Это также совпадает с представленными нами клиническими случаями. Эндометриоидные очаги имеют более разнообразную картину: опухоли могут быть гетерогенно солидной или кистозной структуры, разнородной эхоплотности с достаточно четкими неровными контурами, в некоторых случаях могут иметь хорошо очерченный гиперэхогенный ободок и интранодулярные сосуды, что зачастую придает им неспецифичный и малоинформативный характер. По данным исследований J. Casillas резюмирует об отсутствии конкретных дифференциальных критериев десмоидных опухолей от других солидных масс [11].

Мы провели систематический поиск литературы по вопросам дифференциальной диагностики и лечения эндометриоза и десмоида брюшной стенки. Детальный анализ литературы показал, что установить окончательный клинический диагноз невозможно лишь на основании клинико-инструментальных исследований, поскольку они имитируют друг друга ввиду идентичности факторов риска, клинической манифестации, многоликой эхосемиотики. Патофизиология сложна и противоречива. В литературе описан уникальный случай сосуществования двух нозологий в одной туморозной массе передней брюшной стенки у одного индивидуума, верифицированных гистологически [8].

В лечении по данным литературы отмечено, что уровень успешной медикаментозной терапии низкий, отмечается лишь временное облегчение симптомов, часто сопровождаемое рецидивом после прекращения приема препарата. Кроме того, наблюдается высокий риск развития побочных эффектов, таких как аменорея, увеличение веса, гирсутизм, возникновение угрей [10], что клинически проявлялось и в наших описываемых эпизодах.

Поэтому основным резюмирующим ключом в дифференциальной диагностике является обязательная хирургия с гистологической верификацией [5, 6], которая несет не только подтверждающий характер, но и позволяет выявить ранние признаки риска малигнизации очагов [12]. По немногочисленным источникам в 5–8 % случаев возникновения десмоида наблюдается малигнизация, в результате чего на месте опухоли развивается плоскоклеточный рак, что может проявляться прогрессирующим ростом опухоли [2, 12]. Авторами предложено рассматривать десмоиды как фибросаркомы с низким уровнем злокачественности, несмотря на доброкачественную гистологию и отсутствие метастазирования. Эндометриоз передней брюшной стенки редко малигнизируется в эндометриоид или светлоклеточную карциному [6, 10, 13].

Однако следует помнить, что хирургический метод не всегда приводит к гарантированному излечению, высокий риск развития локальных рецидивов особенно характерен для десмоидных опухолей (от 40 % до 100 %), что требует продолжительного последующего наблюдения [12, 14].

Заключение

Таким образом, выявленные клинико-эхографические признаки абдоминального эндометриоза и десмоида имеют много общего. Относительно редкая встречаемость, а также вариабельность проявлений не позволяет провести достоверную дифференциальную диагностику между ними в допатоморфологический период обследования. Окончательная верификация процесса возможна только после гистологического или имуногистохимического подтверждения с длительным наблюдением ввиду высокого риска рецидивирования.

Список литературы

1. Lou L., Teng J., Qi H., Ban Y. Sonographic appearances of desmoid tumors. J. Ultrasound Med. 2014 Aug;33(8):1519-25. DOI: 10.7863/ultra.33.8.1519.

2. Birol Vural, Fisun Vural,and Bahar Müezzinoglu. An Abdominal Wall Desmoid Tumour Mimicking Cesarean Scar Endometriomas: A Case Report and Review of the Literature. J. Clin Diagn Res. 2015 Sep; 9(9): QD14–QD16.

3. Mihaela Grigore, Demetra Socolov et all. Abdominal wall endometriosis: an update in clinical, imagistic features, and management options. Review. Med. Ultrason. 2017, Vol. 19, no. 4, 430-437 DOI: 10.11152/mu-1248.

4. Огнерубов Н.А., Улитина Е.Д., Огнерубова М.А. Эндометриоз послеоперационного рубца, случай из практики // Вестник ТГУ. – 2013. – Т. 18, вып. 5. – С. 2867–2869.

5. Katiuscia Menni, MD, Luca Facchetti, MD, and Paolo Cabassa, MD. Extragenital endometriosis: assessment with MR imaging. A pictorial review. Br J. Radiol. April 2016; 89(1060): 20150672.

6. Hatice Karaman, Feridun Bulut, Aysel Ozaşlamacı. Endometriosis externa within the rectus abdominis muscle. Ulus Cerrahi Derg. 2014; 30(3): 165–168.

7. Marcus Overhaus, Pan Decker et all. Desmoid tumors of the abdominal wall: A case report World J. Surg Oncol. 2003; 1: 11.

8. Jaqueline Majors, Nathaniel F. Stoikes et all. Case Report Resection and Abdominal Wall Reconstruction of a Desmoid Tumor with Endometrioma Features. Hindawi Publishing Corporation Case Reports in Surgery. Vol. 2016, Article ID 9453450, 4 p.

9. Hensen J.H., Van Breda Vriesman A.C., Puylaert J.B. Abdominal wall endometriosis: clinical presentation and imaging features with emphasis on sonography. AJR Am J. Roentgenol. 2006 Mar; 186(3):616–20.

10. Mani Anand, Sanjay Deshmukh. Massive Abdominal Wall Endometriosis Masquerading as Desmoid Tumour. J. Cutan Aesthet Surg. 2011 May-Aug; 4(2): 141–143.

11. Casillas G.J., Sais J.L. Greve. Imaging of intra- and extraabdominal desmoid tumors. Radiographics. 1991Nov; 11(6): 959–968.

12. Athanasios Economou, Xanthi Pitta et all. Desmoid tumor of the abdominal wall: a case report. Journal of Medical Case Reports.-20115:326.

13. Sosa-Duran EE, Aboharp-Hasan et all. Clear cell adenocarcinoma arising from abdominal wall endometriosis. Cir. 2016 May-Jun; 84(3):245-9. DOI: 10.1016/j.circir.2015.06.024. Epub 2015 Aug 11.

14. El Hassane Kabiri et all. Desmoid tumors of the chest wall. European Journal of Cardio-Thoracic Surgery, 2001, Vol. 19, Issue 5, P. 580–583

УДК 617.577-089.844-005.4

КЛИНИКО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ПРЕКОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ТКАНЕЙ ПРИ ПЕРЕМЕЩЕНИИ СЕГМЕНТОВ КИСТИ

Киселев Д.В., Александров Н.М., Воловик М.Г., Петров С.В.

ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России, Нижний Новгород, e-mail: info@nniito.ru

Проведено обоснование нового способа профилактики ишемических осложнений при перемещении рубцово измененного пальца. Для этого выполнен клинический эксперимент на здоровых испытуемых и пациентах с последствиями травм кисти. Изучалось влияние различных по длительности и частоте ишемических нагрузок на состояние микро- и макроциркуляции донорского пальца, достигаемых бинтованием пальца резиновым жгутом. С помощью матричного тепловизора Thermo Tracer TH-9100 (NEC, Япония) регистрировали динамику температур на тыльной поверхности обеих кистей в 54 экспериментах на 6 добровольцах мужского пола (средний возраст 29 лет) до, во время наложения жгута и после его снятия через различные интервалы времени. Проведено 54 эксперимента на 6 доровольцах-мужчинах (средний возраст 29 лет). Во время наложения жгута и после его снятия регистрировали динамику температур на тыльной поверхности обеих кистей. Использовали матричный тепловизор Thermo Tracer TH-9100 (NEC, Япония). Параметры кровообращения тренируемого пальца изучали с использованием 6-канального реографа-полианализатора РГПА-6/12 «Реан-Поли» (Медиком МТД, Россия) и лазерного допплеровского флоуметра ЛАКК-М (НПП «Лазма», Россия). Компьютерный анализ тепловизионных (ТПВ) данных проводили с помощью программы обработки термоизображений GTS 5.1.1.011. Измерения параметров кровообращения тренируемого к ишемии пальца и рубцово измененных донорских сегментов осуществляли на 6-канальном реографе-полианализаторе РГПА-6/12 «Реан-Поли» (Медиком МТД, Россия). Показатели кожной микроциркуляции определяли с помощью лазерного доплеровского флоуметра ЛАКК-М (НПП «Лазма», Россия). Установлено, что механическая тренировка пальца к ишемии приводит к улучшению его кровенаполнения и показателей кожной микроциркуляции на ногтевой фаланге, в области первого межпальцевого промежутка и расположения медиальной пальцевой артерии. На ногтевой фаланге пальца наибольший прирост температуры составил 6,68±1,98 °C ($p < 0,05$), что сопровождалось улучшением коэффициента микроциркуляции в 3 раза и увеличением индекса венозного оттока и реографического индекса в среднем на 21 % ($p = 0,01$). Проведенные исследования реакции тканей пальца на ишемическое прекондиционирование позволили разработать способ тренировки перемещаемого донорского пальца, обеспечивающий профилактику послеоперационных нарушений периферической микроциркуляции его кожных покровов и сформированного первого межпальцевого промежутка [Патент РФ № 2566190]. Способ обеспечил полное приживление сегментов и успешно применен в клинике у 12 больных. Результаты проведенного исследования свидетельствуют о том, что в случае перемещения сегментов кисти с тяжелой и крайне тяжелой степенями деформаций, рубцовых изменений тканей, повреждениями сосудов целесообразно проводить предварительную тренировку донорского сегмента к гипоксии.

Ключевые слова: ампутация, поллицизация, транспозиция культей пальцев и пястных костей, ишемическое прекондиционирование тканей, феномен отсрочки, преформирование, оперативная техника

CLINICAL PHYSIOLOGICAL REASONING FOR THE APPLICATION OF THE ISCHEMIC PRECONDITIONING OF TISSUES IN THE TRANSPOSITION OF HAND SEGMENTS

Kiselev D.V., Aleksandrov N.M., Volovik M.G., Petrov S.V.

Federal State-Financed Educational Institution of Higher Education Research Medical University of Volga Region of the Ministry of Health of Russia, Nizhny Novgorod, e-mail: info@nniito.ru

The feasibility of a new method was obtained for the prevention of ischemic complications during the transposition of a cicatricial finger. For this purpose, a clinical experiment was performed on healthy human subjects and patients with after-effects of hand injuries. The influence of duration-and-frequency-various ischemic loads was studied on the condition of the donor finger micro- and macrocirculation achieved by the finger banding with a rubber garrot. The temperature dynamics on the back surface of the both hands was recorded during 54 experiments in 6 male volunteers (aged 29 years on the average) by using the thermal imager TehrmoTracer TN-9100 (NEC, Japan) before applying a garrot, during its application and after the removal thereof at various intervals. The computer analysis of thermal imaging (TI) data was carried out using the program for processing thermal images GTS 5.1.1.011. The blood flow parameters of a finger trained to ischemia and cicatrized donor segments were measured with 6-channel rheograph-analyzer RGPA-6/12 Rean-Poly (Medicom MTD, Russia). The cutaneous microcirculation parameters were determined using the laser Doppler flow meter LAKK-M (RPE Lazma, Russia). It was established that the mechanical finger training for ischemia resulted in the improvement of its blood filling and cutaneous microcirculation on the nail phalanx, in the region of the first interfinger space and the location of the medial finger artery. The greatest increase in temperature on the nail phalanx of the finger was 6.68 ± 1.98 °C ($p < 0.05$); it was followed by the improvement in the microcirculation coefficient by 3 times and the increase in the venous outflow index and rheographic index by 21 % on the average ($p = 0.01$). The studies of the finger tissue response to the ischemic preconditioning have enabled us to develop a method for training a movable donor finger, which ensures the prevention of peripheral microcirculation disorders of the finger skin integument and the formed first interfinger space [Patent of the Russian Federation No. 2566190]. This method has provided for the complete engraftment of the segments and was successfully applied in the clinic in 12 patients. The results of the study show that in case of the transposition of the hand segments with severe and extremely severe deformities, cicatrical tissue changes, vascular injuries, it is advisable to pre-train the donor segment for hypoxia.

Keywords: amputation, pollicization, transposition of the stumps of fingers and metacarpal bones, ischemic preconditioning of tissues, delay phenomenon, pre-formation, surgical technique

Перемещение пальца, культи пальца и пястной кости поврежденной одноименной кисти до настоящего времени применяется для реконструкции первого и/или одного из трехфаланговых пальцев кисти довольно редко по разным причинам [1]. Одной из них является возможность возникновения острых сосудистых нарушений (до 36,4 %) при перемещении патологически измененных тканей [2] и неразработанность методов профилактики таких расстройств. Сосудистые расстройства вызывают нарушения кровообращения тканей и частичное или даже полное их омертвение. Сосудистые расстройства приводят к частичным или полным некрозам кожных лоскутов, трансплантатов и перемещенного сегмента, что вызывает существенное снижение функционального и косметического результата операции и увеличение изъяна и без того увечной кисти [1, 3].

Перспективным направлением в профилактике ишемических осложнений в тканях, применяемым в различных отраслях медицины, является ишемическое прекондиционирование тканей [4]. Известны способы механической ишемической тренировки питающих ножек различных несвободных комплексов тканей перед их переносом в реципиентную область в реконструктивной хирургии [5, 6]. В результате экспериментальных и клинических исследований установлено, что механическая тренировка стебля вызывает развитие целого комплекса компенсаторных реакций в тканях на различных уровнях их системной организации. Данное направление используется также перед выполнением различных реконструктивных операций на кисти [7]. Для оценки эффективности метода применяется какой-либо один метод: полярографическое определение кислорода в тканях, реовазография, а также лазерная доплерометрия. Однако возможности данного направления при выполнении реконструкции пальцев кисти в настоящее время не изучены. В связи с этим возникает необходимость в разработке и физиологическом обосновании новых подходов к улучшению макро- и микроциркуляции в рубцово измененных донорских сегментах и профилактике ишемических осложнений на сформированном пальце с использованием комплексного подхода к функциональным исследованиям.

Цель исследования: разработать и обосновать новый способ профилактики послеоперационных ишемических осложнений перемещаемого пальца кисти.

Материалы и методы исследования

Институт обладает опытом перемещения пальца, культи пальца и пястной кости на травмированной кисти у 184 больных. Всего на 189 кистях методом перемещения подобных сегментов выполнена реконструкция 203 пальцев. В 90,2 % случаев перемещаемые сегменты имели рубцовые изменения различной тяжести. Анализ приживляемости сегментов выявил высокую частоту развития ишемических осложнений различной степени тяжести до 34,3 %, что обусловило необходимость разработки методов их профилактики. Наряду с хирургическими методами профилактики ишемических осложнений перемещенных рубцово измененных сегментов использовали способы, направленные на улучшение их кожного кровотока за счет создания перед операцией многократной нарастающей ишемической нагрузки на донорские ткани путем внешнего механического сдавления сосудов сегмента.

Предпосылкой для исследования возможностей этого направления послужили фундаментальные работы об эффективности ишемического прекондиционирования органов [4] при их сосудистой патологии, в том числе для профилактики и коррекции ишемических повреждений тканей в хирургии. С целью исследования механизмов формирования компенсаторных сосудистых реакций и возможности применения этого подхода при перемещении патологически измененных сегментов кисти использовали клинические, рентгенологические, морфологические, биофизические (тепловидение, лазерная доплеровская флоуметрия, реовазография) методы исследования.

Изучалось влияние различных по длительности и частоте ишемических нагрузок на состояние микро- и макроциркуляции донорского пальца. В исследовании участвовало 6 добровольцев-мужчин (средний возраст 29 лет), которым проведено 54 эксперимента. При этом проводилось бинтование второго пальца эластическим артериальным жгутом, причем ногтевую фалангу оставляли открытой для регистрации параметров кровотока. Частота наложения жгута составляла 4 раза в день, а время его нахождения варьировало от 10 до 30 минут [8]. С помощью матричного тепловизора Thermo Tracer TH-9100 (NEC, Япония) регистрировали динамику температур на тыльной поверхности обеих кистей в 54 экспериментах на 6 добровольцах мужского пола (средний возраст 29 лет) до, во время наложения жгута и после его снятия через различные интервалы времени.

Компьютерный анализ тепловизионных (ТПВ) данных проводили с помощью программы обработки термоизображений GTS 5.1.1.011. Обработка ИК термокарт включала также компенсацию искажений, сегментирование последовательности термоизображений [9]. Исследование параметров макроциркуляции тренируемого пальца проводили на 6-канальном реографе-полианализаторе РГПА-6/12 «Реан-Поли» (Медиком МТД, Россия). Для определения показателей кожной микроциркуляции использовали лазерный доплеровский флоуметр ЛАКК-М (НПП «Лазма», Россия). Проводили изучение активных и пассивных факторов регуляции микрокровотока с применением аппарата вейвлет-преобразования [10]. Статистические исследования выполняли с использованием программы STATISTICA-10. Достоверность статистических гипотез изучали с использованием параметрических и непараметрическеикх критериев.

Результаты исследования и их обсуждение

Основным критерием оценки результата операции в ранние сроки после ее выполнения служили приживляемость сегмента и характер заживления раны, так как данные показатели зависят от состояния кровообращения тканей. Разработанный подход обеспечил полное приживление патологически измененных тканей и заживление ран первичным натяжением во всех случаях. При использовании оригинальных подходов к перемещению и ишемической тренировке достигнуто приживление всех сегментов и заживление ран первичным натяжением при многообразных дефектах кисти механической, огнестрельной и термической этиологии, в том числе в условиях обширных рубцов и нарушений магистрального кровообращения сегмента тяжелой степени.

Дискриминационная чувствительность на восстановленном пальце после перемещения культи пальца составила 6,28 ± 0,77 мм, пястной кости – 7,3 ± 0,6 мм, а интактного пальца – 3,1 ± 0,3 мм.

Установлено, что механическая тренировка пальца к ишемии приводит к улучшению его кровенаполнения и показателей кожной микроциркуляции на ногтевой фаланге, в области первого межпальцевого промежутка и расположения медиальной пальцевой артерии. На ногтевой фаланге бинтуемого пальца наибольший прирост температуры после снятия жгута составлял при десятиминутной экспозиции в среднем 6,68 ± 1,98 °C ($p < 0,05$) за первые 2 минуты, при этом показатель микроциркуляции возрастал в 3 раза. На пике роста температурных значений происходило увеличение параметров индекса венозного оттока и реографического индекса в среднем на 21 % ($p = 0,01$), что согласуется с данными авторов, проводивших ишемическое прекондиционирование кисти перед операцией [7]. Нами проводились различные по времени (от 4–6 дней до 6 месяцев) тренировки. Установлено, что характер адаптивных реакций в ответ на окклюзию и сроки их достижения не зависят от длительности тренировок. Выявленные закономерности позволили разработать методику тренировки перемещаемого донорского пальца, обеспечивающей профилактику нарушений периферической микроциркуляции его кожных покровов и перемещенных лоскутов в области первой комиссуры после операции по реконструкции большого пальца [Патент РФ № 2566190].

Тренировка проводилась в течение 4–6 дней путем наложения артериального жгута на палец. Длительность нахождения жгута в первый день составила 10 минут, во второй – 15 минут третьий – 20 минут, в четвертый – 25 минут, в пятый – 30 минут. Кратность пережатия во все дни равнялась четырем. Тренировку проводили до достижения прироста температуры на дистальной фаланге не менее 1,7 °C. Методика с успехом апробирована на 12 больных, имевших высокий риск развития послеоперационных ишемических осложнений.

Приводим клинический пример.

Мужчина, 42 лет, находился в клинике по поводу отсутствия первого пальца с пястной костью, деформаций 2, 3, 4 пальцев, рубцового дефекта мягких тканей и фаланг второго пальца правой кисти (рис. 1).

Рис. 1. Внешний вид кисти больного до операции (ладонная поверхность)

Через 2 года и 5 месяцев после травмы проведена реконструкция лучевого края кисти за счет перемещения дефектного второго пальца на двух кожных питающих ножках. Предварительно была устранена его деформация, выполнены кожная лоскутная пластика и тренировка его к ишемии с использованием оригинальной методики.

Из приведенных диаграмм температур (рис. 2) и термокарт (рис. 3 и 4) видна положительная динамика нарастания ТПВ показателей в исследуемых областях на этапе постокклюзионного восстановления в результате предоперационной ишемической тренировки. В результате проведенных мероприятий восстановлены первый палец и адекватный первый межпальцевой промежуток. Хорошее кровоснабжением тканей обеспечило приживление тканей и заживление ран первичным натяжением (рис. 5). Перемещение утильного патологически измененного сегмента позволило восстановить схват кисти даже в условиях его деформации и тяжелого нарушения кровообращения в тканях (рис. 6).

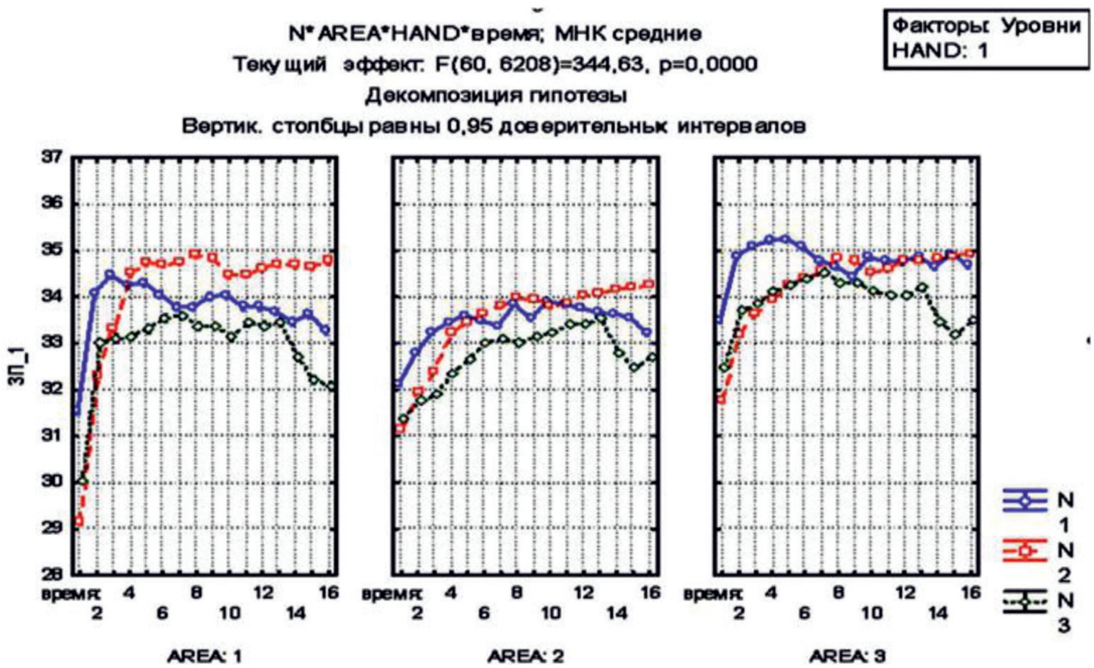


Рис. 2. Диаграмма температур в трех зонах тренируемого пальца у больного Ш. (зона 1 – ногтевая фаланга, 2 – область латеральной тыльной пальцевой артерии, 3 – область «анатомической табакерки»)

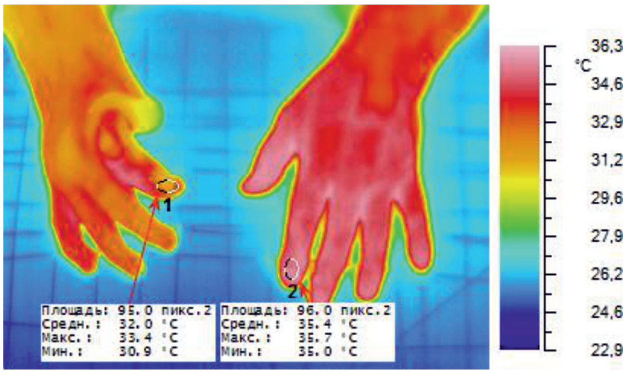


Рис. 3. Термокарта кисти б-го Ш. после первого пережатия (10 минут) сосудов донорского пальца, вторая минута восстановления кровотока

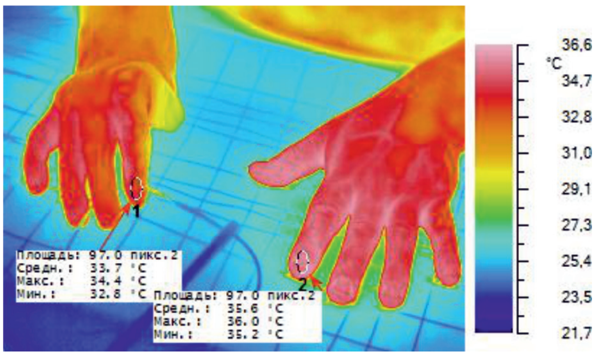


Рис. 4. Термокарта кисти б-го Ш. после 24-ого пережатия (20 минут) сосудов пальца, вторая минута восстановления кровотока

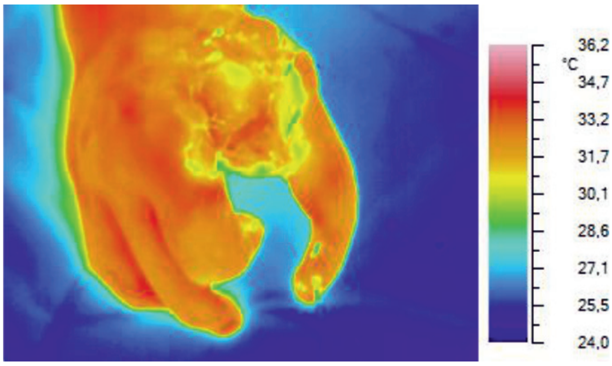


Рис. 5. Термокарта кисти б-го Ш. Через 8 дней после реконструкции пальца

Рис. 6. Функция кисти через 1 год после реконструкции лучевого края

Результаты исследования показывают, что ишемическая тренировка тканей, используемые хирургическая и консервативные методики обеспечивают адекватную профилактику ишемических осложнений. При этом достигается метаболическая адаптация тканей, повышается переносимость ими тяжелой гипоксии, отмечаемой при собственно перемещении сегмента кисти и кожных лоскутов. Выполненная нами работа показывает, что разработанный нами подход к ишемическому прекондиционированию пальца обеспечивает надежное приживление донорского пальца кисти.

Как следует из анализа литературных данных, профилактика ишемических осложнений при перемещении пальцев чаще всего осуществляется консервативными методами, включающими применение медикаментов, физических факторов, придание кисти возвышенного положения. Реже применяются хирургические методы, заключающиеся в выполнении первичной артериальной или венозной реваскуляризации сегмента. В ситуации, когда имеются глубокие и обширные рубцы, такие подходы мало пригодны и не всегда эффективны вследствие облитерации, сдавления и/или патологических изменений стенок артерий и вен. Кроме того, даже восстановление магистрального кровотока не обеспечивает адекватной профилактики ишемических осложнений в рубцовых тканях вследствие нарушения в них микроциркуляции и тканевого метаболизма. В случае транспозиции рубцово измененных и тяжело деформированных сегментов, особенно пальцев и их культей на дистальных уровнях, частота некрозов значительно возрастает [2]. При этом чаще отмечаются некрозы концевых отделов пальца, наиболее важных в функциональном отношении. Анализ наших результатов свидетельствует о том, что тяжесть и частота подобных осложнений нарастают по мере увеличения площади и глубины рубцовых поражений тканей, степени деформации, повреждения кисти, а также расстояния переноса донорского сегмента.

Неповреждающая (субкритическая) избирательная гипоксическая нагрузка на донорские ткани путем периодического механического пережатия сосудов временных питающих ножек пересаживаемых тканевых комплексов с помощью жгута или эластичного жома с большим успехом реализуется при пластике несвободным паховым лоскутом для стимуляции его периферической реваскуляризации [5]. Однако данный подход не применим при использовании постоянных питающих ножек, что имеет место при перемещении сегмента кисти, когда необходимо активировать другие механизмы компенсации ишемии и улучшения микроциркуляции. В случае выполнения разнообразных реконструктивных операций на кисти с использованием ее донорских ресурсов для профилактики сосудистых осложнений проводится также предварительная периодическая ишемизация тканей путем наложения артериального жгута на предплечье или плечо [7]. Однако длительность нахождения жгута на конечности ограничена из-за болевых ощущений неврогенного и ишемического характера, что снижает эффективность тренировки перемещаемого сегмента и не обеспечивает ее селективности. Наш подход заключается в ишемическом прекондиционировании непосредственно донорского сегмента [8]. При этом обеспечивается избирательная гипоксическая нагрузка на его дистальные отделы, наиболее подверженные некрозам. Тренировка донорского пальца или его культи сопровождается постепенно возрастающей ишемической нагрузкой, что повышает переносимость тканевой гипоксии, приводит к активизации кровообращения в питающих ножках и улучшает приживляемость тканей всего сегмента. Тренировка сопровождается минимальными болевыми ощущениями, что предотвращает сосудистый спазм. В результате увеличивается длительность окклюзии и ее переносимость, а следовательно, и эффективность прекондиционирования (тренировки) тканей донорского сегмента, а также первого межпальцевого промежутка.

Наш опыт свидетельствует о том, что в случае перемещения сегментов кисти с тяжелой и крайне тяжелой степенями деформаций, рубцовых изменений тканей, повреждениями сосудов целесообразно проводить предварительную тренировку донорского сегмента к гипоксии и бескровным, и оперативным путем. Это не исключает выполнения традиционных консервативных приемов улучшения васкуляризации перемещаемого сегмента.

Заключение

Гипоксическое прекондиционирование перемещаемых сегментов кисти обеспечивает адекватную профилактику ишемических осложнений в условиях тяжелых патологических изменений тканей.

Список литературы

1. Goldfarb C.A. Incidence and treatment of complications suboptimal outcomes and functional deficiencies after pollicization / C.A. Goldfarb, E. Monroe, J. Steffen et al. // J. Hand Surg. 2009. V. 34A, № 2. P. 1291–1297.

2. Дадалов М.И. Реконструктивно-восстановительные операции при утрате большого пальца кисти: автореф. дис. … канд. мед. наук: в форме науч. докл. – Ленинград, 1990. – 51 с.

3. Thate M.R. Unfavourable results in pollicisation / M.R. Thate, S. Nehete, K. Garude et al. // Indian J. Plast. Surg. 2013. V. 46, № 2. P. 303–311.

4. Vainer B. Systemic vascular response to brachial arteries crossclamping remote ischemic preconditioning / B. Vainer, A. Markel // Medical Hypotheses. 2015. V. 84. P. 298–300.

5. Furnas D.W. A pair of fiveday flaps: Early division of distant pedicles after serial cross-clamping and observation with oximetry and fluorometry / D.W. Furnas, R.C. Lamb, B.M. Achauer et al. // Ann. Plast. Surg. 1985. V. 15. P. 262–267.

6. Каюмходжаев А.А. Пластическое закрытие обширного рубцового дефекта мягких тканей и костей свода черепа (описание клинического наблюдения) / А.А. Каюмходжаев, Ж.Д. Расулов, А.Б. Гуламов, [и др.] // Анналы пластической, реконструктивной и эстетической хирургии. – 2013. – № 3. – С. 41–43.

7. Козюков В.Г. Способы улучшения результатов реконструктивно-пластических операций после повреждений кисти / В.Г. Козюков, А.Е. Токарев, А.Н. Севостьянов и др. // Уральский медицинский журнал. – 2011. – № 10 (88). – С. 136–139.

8. Воловик М.Г. Влияние многократной локальной ишемии на температурный режим и микроциркуляцию кожи кисти у человека / М.Г. Воловик, Д.В. Киселев, С.А. Полевая с соавт. // Физиология человека. – 2015. – Т. 41, № 3. – С. 1–10.

9. Wretman D. Finding regions of interest in a decision support system for analysis of infrared images. Stockholm, Sweden: Master of Science Thesis, 2006. 72 p.

10. Крупаткин А.И. Колебания кровотока частотой около 0,1 Гц в микрососудах кожи не отражают симпатическую регуляцию их тонуса / А.И. Крупаткин // Физиология человека. – 2009. – Т. 35, № 2. – С. 60.

УДК 616-006.311.03-053.2-08

МНОЖЕСТВЕННЫЕ ГЕМАНГИОМЫ ГОЛОВЫ У РЕБЕНКА РАННЕГО ВОЗРАСТА (НЕСТАНДАРТНОЕ ЛЕЧЕНИЕ). ОПИСАНИЕ КЛИНИЧЕСКОГО СЛУЧАЯ

Кузнецов С.А., Шейко Е.А., Шашкина Л.Ю., Триандафилиди Е.И., Быкадорова О.В.

ФБГУ «Ростовский научно-исследовательский онкологический институт» МЗ России, Ростов-на-Дону, e-mail: rnioi@list.ru

В статье рассмотрен клинический случай излечения ребенка раннего возраста с врожденными множественным быстрорастущими комбинированными гемангиомами головы. Ребенок поступил в детское отделение РНИОИ через три месяца после рождения с диагнозом: быстрорастущие обширные множественные гемангиомы: верхнего века слева, лобной и височной области слева, ушной раковины слева. По данным УЗИ определяется интранодулярный гиперинтенсивный кровоток смешанного типа. Показания (ДИТ) высокие: на веке +1,3, на лбу +0,9, в височной области и ушной раковине +0,7. Регионарные лимфоузлы не увеличены. Показатели VEGF до лечения были высокие и в три раза превышали нормальные значения – 219,1 ± 12 пг/мл. Данные лабораторных анализов без особенностей. С целью стабилизации роста опухолей было принято решение провести первый курс ФХТс помощью аппарата СПЕКТР ЛЦ, красной матрицей, дозой 3,95 Дж/см^2. В дальнейшем эффект был достигнут путем воздействия световым излучением красного диапазона спектра подачей энергетической дозы в зависимости от показаний диагностической инфракрасной термографии. Всего было проведено восемь курсов фотохромотерапии с интервалом по месяцу. Перед началом каждого курса у ребенка исследовали показатели VEGF, делали УЗИ и термографические исследования. Уже после первого курса фотохромотерапии удалось остановить дальнейший рост опухолей, а после второго курса были получены признаки, указывающие на фотоиндуцирование регресса опухолей. После восьмого курса был получен фотоиндуцированный 100% регресс всех сосудистых новообразований. Ребенок был под наблюдением в течение трех лет после достижения эффекта, рецидивы не были отмечены.

Ключевые слова: множественные гемангиомы головы, фотохромотерапия

MULTIPLE HEMANGIOMAS OF THE HEAD IN A CHILD AN EARLY AGE (NON-STANDARD TREATMENT). DESCRIPTION OF A CLINICAL CASE

Kuznetsov S.A., Sheyko E.A., Shashkina L.Yu., Triandafilidi E.I., Bykadorova O.V.

Rostov Research Cancer Institute of the Russian Ministry of health, Rostov-on-Don, e-mail: rnioi@list.ru

The article describes the clinical case of healing of the child of early age with congenital-governmental of fast-growing mix of multiple hemangiomas of the head. Child was enrolled in the children's Department of our Cancer Institute three months after birth with a diagnosis of multiple fast-Growing extensive hemangioma of the upper eyelid on the left frontal and temporal region of the left auricle to the left. According to the ultrasound, determined intranodelarry hyperintense blood flow of mixed type was determined. Indications (DIT) are high: on the eyelid +1.3, on the forehead +0.9, in the temporal region and the auricle +0.7. Regional lymph nodes were not enlarged. VEGF indices before treatment were high and three times higher than normal values-219.1 ± 12 PG/ml. The other dates of laboratory analysis was without features. In order to stabilize the growth of tumors, it was decided to conduct the first course of the fotohromotherapy FHT using the LC SPECTRUM apparatus, the red matrix, at a dose of 3.95 j/cm2. In the future, the effect was achieved by exposure to light radiation of the red range of the spectrum of the hearth-whose energy dose depending on the scan infrared thermographic indicators. There were eight course of fotohromotherapy interval in months. Before the beginning of each course, the child was examined VEGF indicators, did ultrasound and thermographic studies. After the first course of photochromotherapy, it was possible to stop the further growth of tumors , and after the second course, signs indicating the photoinduction of tumor regression were obtained. After the eighth course, there was a 100% photoinduced regression of all vascular tumors was obtained. The child was under observation for three years after reaching effect, recurrence was not noted.

Keywords: multiple hemangiomas of the head, photochromotherapy

Сосудистые новообразования представлены широким спектром аномалий от незначительных по объему образований кожи, так и значительных по протяженности и объему опухолей сосудов других локализаций, которые могут поражать лицо, туловище, конечности, внутренние органы, вызывая развитие угрожающих состояний у ребенка раннего возраста. Чрезвычайное разнообразие этих опухолей и неясное представление об источнике роста (эндотелий, лейомиоциты, перициты, ангиобласты сосудистой мезенхимы и др.) делают решение вопроса проблематичным и представляют собой один из спорных разделов онкологии [1, 2]. Термином «гемангиома» обозначают доброкачественные, довольно разнообразные по внешнему виду и морфологическому строению сосудистые новообразования, которые среди других опухолей кожи встречаются наиболее часто. Имеется многообразие клинических форм гемангиом, от маленького узлового образования до распространенной опухоли, занимающей несколько анатомических областей и даже резорбирующей кости черепа и лицевого скелета. Эти зрелые опухоли состоят из новообразованных кровеносных сосудов, расположенных в соединительнотканной строме и могут быть капиллярными, кавернозными и смешанными [3–5]. Один из вариантов гемангиом – комбинированные (имеющие кожную и подкожную часть). Довольно часто гемангиомы лица могут приводить к некрозу тканей с косметическими дефектами век, носа, губ, ушей. Сосудистые опухоли в орбитальной и переорбитальной области, поражения век способствуют развитию амплиопии и другим нарушениям зрения. Локализуясь в ротовой области, на губах, в области гортани, гемангиомы бывают причиной различных нарушений: стридора, обструкции дыхательных путей, ограничения возможности приема пищи и др. [6, 7]. Проявляются гемангиомы в периоде новорожденности обычно в первые две недели жизни. Предшествующие кожные симптомы выявляются у 30–40 % пациентов. Наиболее частыми локализациями служат голова и шея (60 %), различные участки тела (25 %), конечности (15 %). В 20 % случаев наблюдаются множественные гемангиомы. Гемангиомы лица и шеи составляют приблизительно 10 % всех опухолей головы и шеи. Опухоли этой области могут достигать огромных размеров, захватывая большую часть лица, приводя к косметическим дефектам и функциональным недостаткам. В ряде случаев опухоли имеют гладкую поверхность или выступают над уровнем кожи [7]. На сегодняшний день существует достаточно много методов лечения таких гемангиом. В арсенале клинициста имеется возможность консервативного поэтапного лечения алкоголизации больших поверхностных опухолей; криодеструкция, лазерная деструкция, лучевая терапия и хирургическое вмешательство. Иссечение гемангиом маленьких размеров не представляет трудностей. Удаление больших опухолей связано с перевязкой питающего сосуда, часто с большой кровопотерей, так как нередко удаление сопровождается сильными кровотечениями. На волосистой части головы кровотечение более выражено из-за неспадающихся сосудов, что является очень опасным для детей до года. Нерадикальное удаление опухоли ведет к рецидиву, который должен удаляться широко, так как границы образования определить клинически часто невозможно. Все вышеописанные методы являются инвазивными, требующими анестезиологического пособия или же сопровождающимися побочными эффектами, которые потребуют дополнительной медицинской коррекции. Однако, надеяться на спонтанную регрессию множественных гемангиом головы и лица, используя выжидательную тактику, является ошибкой [8].

Альтернативным направлением в терапии гемангиом у детей раннего возраста служит использование в лечении сосудистых опухолей волновых технологий с использованием фотохромного светового некогерентного излучения с определенной длиной волны – метода фотохромотерапии (ФХТ) [9–11].

Как показывает наш опыт, успешное применение метода ФХТ у детей раннего возраста с единичными гемангиомами [11] основано на способности монохромного красного света, использованного в определенных режимах, индуцировать в организме ребенка фотоадаптивные процессы репаративных, регенеративных реакций тканей с повышением синтетической, фагоцитарной активности нейтрофилов и возрастанию показателей звена иммунитета, что в целом способствует стабилизации роста и регресса сосудистых новообразований [10]. Используя метод ФХТ у детей с гемангиомами, можно добиться эффекта вазодилятации микрососудов, активировать процессы склерозирования основных питающих сосудов в опухоли, активировать гуморальные факторы локального кровотока [11].

Современное понимание изменений, происходящих в гемангиоме ребенка во время лечения, в том числе и методом ФХТ, невозможно без оценки прогностических критериев, отражающих динамику процессов склерозирования в сосудистой опухоли. Одним из значимых методов исследования состояния сосудов опухоли является методы диагностической инфракрасной термографии (ДИТ) [12–14], с помощью которого удается значительно повысить эффективность ФХТ.

Целью настоящего сообщения было: на конкретном клиническом случае показать возможность использования метода ФХТ у ребенка с множественными гемангиомами головы и лица.

Материалы и методы исследования

В основу настоящего клинического исследования положено наблюдение за ребенком К. от трех месяцев до четырех лет. У ребенка было проведено 8 курсов ФХТ монохромным красным светом, полученным от физиотерапевтического аппарата Спектр ЛЦ. В зависимости от показаний ДИТ подбирали энергетическую дозу воздействия.

А Б

В Г

Д Е

Больная К. Множественные гемангиомы: верхнего века слева, лобной и височной области слева, ушной раковины слева. А. До лечения; Б. После первого курса; В. После шестого курса; Г. Перед восьмым курсом ФХТ; Д. Через полгода после восьмого курса. Е. Через 3 года после окончания лечения

Перед началом ФХТ лечения и в процессе контроля эффективности проводили ультразвуковое исследование (УЗИ) гемангиом, оценивали показатели диагностической инфракрасной термографии сосудистых опухолей: при этом выделяли следующие критерии эффективности проводимой терапии; уменьшение размеров новообразования, формирование четких границ опухоли, уменьшение интенсивности кровотока, изменения градиента температуры опухоли и окружающих тканей, поскольку такой динамический контроль состояния гемангиомы в процессе лечебных мероприятий позволяет объективизировать результаты терапии и способствует индивидуализации тактики ведения пациентов [14]. Исследование ДИТ у ребенка проводили через 15 минут после спокойного пребывания без одежды в помещении с температурой 22 °C и влажностью 0,009–0,012 кг\м^3 . Для регистрации тепловых полей, соответствующих тепловому состоянию областей опухоли, был использован тепловизор «Радуга -6» АОМЗ. УЗИ исследования проводили на аппаратах «HDI-1500».

Проводили также определение VEGF иммуноферментным методом и развернутый анализ крови. Приводим собственные наблюдения клинического течения множественной доброкачественной гемангиомы волосистой части головы и лица у больных раннего возраста до, на этапах и после оригинального лечения методом фотохромотерапии, разработанного в ФГБУ «РНИОИ» МЗ России (Патент РФ № 2240159 на изобретение «Способ лечения новообразований кожи у детей до года» от 20.11.2004.

Результаты исследования и их обсуждение

Данные ДИТ о температурных распределениях в гемангиомах, показатели УЗИ, значения VEGF коррелируют между собой [11], что позволило нам объективно оценивать состояние и этап развития сосудистого новообразования и на основании этих критериев адекватно подбирать воздействие ФХТ.

На рисунке представлены фотографии ребенка в динамическом наблюдении: до начала, на этапах фотохромотерапии и спустя полгода и три года после воздействия.

Клинический пример

Ребенок К. Поступил в детское отделения РНИОИ через три месяца после рождения с диагнозом: Быстрорастущие обширные множественные гемангиомы: верхнего века слева, лобной и височной области слева, ушной раковины слева. История болезни № 2031/14. Ребенок родился от второй беременности, вес 3350 кг, ростом 51 см. На первой неделе жизни обнаружены образования ярко-красного цвета, которые к трем месяцам значительно увеличились в размерах. При осмотре на верхнем веке слева определяется сосудистое новообразование ярко-красного цвета больших размеров, препятствующее открытию глаза. Также обнаружены обширные экзофитные ярко-красные упругие новообразования лобной, височной областей и ушной раковины слева (рисунок, А). Массивные гемангиомы на лице и волосистой части головы сочетаются с синдромом PHACE. По данным УЗИ определяется интранодулярный гиперинтенсивный кровоток смешанного типа. Показания (ДИТ) высокие: на веке +1,3, на лбу +0,9, в височной области и ушной раковине +0,7. Регионарные лимфоузлы не увеличены. Показатели VEGF до лечения были высокие и в три раза превышали нормальные значения – 219,1 ± 12 пг/мл. Данные лабораторных анализов без особенностей. С целью стабилизации роста опухолей было принято решение провести первый курс ФХТс помощью аппарата СПЕКТР ЛЦ, красной матрицей, дозой 3,95 Дж/см^2.

Через месяц после первого курса гемангиомы поменяли свой цвет с алого на белесо-бордовый. При пальпации опухоли стали мягче. Проявилась глазная щель (рисунок, Б). Скорость кровотока по УЗИ несколько снизилась. Показатели ДИТ достоверно уменьшились: на веке +0,5, на лбу +0,5, в височной области и ушной раковине +0,5. Был проведен второй курс ФХТс измененной дозой 1,25 Дж/см^2 (согласно рекомендациям патента № 2464053 от 20.10.12). Через месяц образования уменьшились в размерах, заметно побелели. Показатели ДИТ на веке +0,3, на лбу +0,2 височной области и ушной раковине +0,2. Был проведен третий курс ФХТ дозой 0,9 Дж/см^2. Через месяц показатели ДИТ изменились незначительно, и доза ФХТ четвертого курса и пятого курса осталась прежней. Перед шестым курсом ФХТ показатели ДИТ были: на веке +0,1, на лбу +0,2 височной области и ушной раковине +0,1. Был проведен шестой, седьмой и восьмой курс ФХТ с дозой 0,25 Дж/см^2 . Через полгода образования были термонегативны, по данным УЗИ кровоток не определялся. Показатели VEGF были практически сопоставимы с нормой – 70,6 ± 3,2 пг/мл. Через три года после окончания лечения все показатели оставались в норме. Регресс образований 100 % (рисунок, Д и Е). У ребенка после фхт с излеченными формами гемангиом значения VEGF были близкие к нормальным – 68,9 ± 2,0 пг/мл. Полученные у ребенка после излечения гемангиом показатели согласуются с данными, полученными у детей этого возраста при отсутствии гемангиом.

Выводы

Таким образом, гемангиомы считаются доброкачественными новообразованиями, но их свойство к широкому распространению, отсутствию четких границ при прорастании капилляров в мягких тканях, не заметных клинически, заставляют относиться к ним с осторожностью, как к местно деструктирующим опухолям. Представленные выше наблюдения подтверждают необходимость выбора адекватного лечения и подтверждают тот факт, что с помощью ФХТ в красной области спектра можно добиться полного регресса обширных множественных сосудистых новообразований лица и головы у ребенка раннего возраста без использования инвазивных методов воздействия. Это нашло подтверждение в динамическом наблюдении за состоянием ребенка на протяжении трех с половиной лет, после завершения лечения с помощью ФХТ.

Список литературы

1. Boon L.M., Ballieux F., Vikkula M. Pathogenesis of vascular anomalies // Clin. Plas. Surg. – 2011. – V. 38. – P. 7–19.

2. Brucker A.L., Frieden I.J. Hemangiomas of infancy // J. Am.Acad.Dermatol. – 2003. – № 48. – P. 477–493.

3. Шейко Е.А. Гемангиомы у детей раннего возраста (Обзор литературы) // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 4. – С. 222–228.

4. Liping Liu, Satoko Kakiuchi-Kiyota, Lora L.A. Mold et al. Pathogenesis of human hemangiosarcomas and hemamgiomas. Human Pathology. – 2013. – V.44. – P. 2302–2311.

5. Maguiness S.M., Frieden I.J. Management of difficult infantile hemangiomas // Arch. Dig. Child. – 2012. – V. 97 (3). – P. 226–271.

6. Haggstom A.N., Skilliman S., Garson M.E. et al. Clinical spectrum and risk of PHACE syndrome in cutaneous and air way hemangiomas // Arch. Otolaryngol. Head Neck Surg. – 2011. – V. 137. – P. 680–684.

7. Greenberg S., Bischoff J. Pathogenesis of infantile hemamgioma // BJD. – 2013. – V. 168. – P. 12–19.

8. Диомидов А.И., Чернядьев С.А., Леонов А.Г., Ткаченко А.Е., Созонов А.В.. Опыт лечения детей с гемангиомами в области лица и шеи с применением пропранолола // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – № 4. URL: http://Science-Education.Ru/Ru/Article/View?Id=25046 (дата обращения: 21.06.2018).

9. Sheiko E.A, Shikhlyarova A.I., Kozele Yu.Yu., Zlatnik E.Yu. Photochromotherapy hold the greatest promise for treatment of hemangiomas in childhood // Academia Journal of Biotechnology. – 2015. – V. 3. – № 6. – P. 104–110.

10. Sheiko E.A., Kit O.I.,Kozele Yu.Yu. et. al. Photochromotherapy for treatment of hemangiomas in children // J. Cl. in.Oncol. – 2016. – V.34. – supply; abstr. e231187.

11. Sheiko E.A, Kuznetsov S.A.,Shashkina L.Yu., Triandafilidi E.I. Pathogenetic peculiarities of sclerosing of blood vessels in hemangioma in minor aged children upon exposure by electromagnetic optical spectrum radiation // Cardiometry. – 2017. – № 11. – P. 89–97.

12. Park J.V., Kim S.H., Lim D.J. et al. The role of thermography in clinical practice: rewiew of the literature // Therapy International. – 2003. – V. 13. – P. 1277–1278.

13. Голованова Н.В., Потехина Ю.П. Возможности термодиагностики в медицине. – Нижний Новгород, 2011. – 164 с.

14. Заяц Г.А., Коваль В.Т. Медицинское тепловидение-современный метод функциональной диагностики // Здоровье. Медицинская экология. – 2010. – № 3. – С. 27–33.

УДК 574.583(571)

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ВОДОРОСЛЕВЫХ СООБЩЕСТВ НИЗОВЬЕВ АРКТИЧЕСКИХ РЕК СЕВЕРО-ВОСТОКА СИБИРИ

Габышев В.А.

ФГБУН «Институт биологических проблем криолитозоны» Сибирского отделения Российской академии наук, Якутск, e-mail: v.a.gabyshev@yandex.ru

Крупные реки арктического бассейна северо-востока Сибири, в отличие от рек Западной и Средней Сибири, менее населены человеком и до сих пор сохраняют естественный водный режим. Тем не менее водные экосистемы рек региона испытывают антропогенную нагрузку, которая связана с деятельностью предприятий добывающей промышленности. В последнее время промышленное освоение северо-востока Сибири ускоряется не только на водосборных бассейнах рек, но и на шельфе Северного Ледовитого океана. Поэтому возрастает актуальность изучения биологического разнообразия водорослевых сообществ низовьев арктических рек и их устьев, так как они представляют собой экотоны и имеют большое значение в поддержании биоразнообразия. Имеется ряд публикаций о флоре водорослей крупных арктических рек региона. Цель настоящего исследования: на основе оригинальных данных и опубликованных материалов выявить основные особенности таксономического состава водорослевых сообществ низовьев арктических рек северо-востока Сибири. В результате определено видовое богатство низовьев шести крупнейших рек региона: Лены (637 видов), Колымы (187), Индигирки (185), Яны (111), Оленёка (80) и Анабара (51 вид). Различия в богатстве флор объясняются неоднородностью их изученности. Показано, что основу флор составляют представители зеленых и диатомовых водорослей. Выявленные особенности водорослевых сообществ свидетельствуют о том, что водные экосистемы низовьев арктических рек региона на данном этапе находятся преимущественно под влиянием природных факторов.

Ключевые слова: водоросли, флора, биоразнообразие, арктические реки, низовья рек, северо-восток Сибири

ALGAL COMMUNITIES FEATURES OF LOWER REACHES OF ARCTIC RIVERS OF NORTH-EASTERN SIBERIA

Gabyshev V.A.

Institute for Biological Problems of Cryolithozone SB RAS, Yakutsk, e-mail: v.a.gabyshev@yandex.ru

Large rivers of the Arctic basin of northeastern Siberia, in contrast to the rivers of Western and Central Siberia, are less inhabited by humans and still retain a natural water regime. Nevertheless, the water ecosystems of the rivers in the region are subject to anthropogenic pressure, which is associated with the activities of extractive industries. Recently, industrial development of the north-eastern Siberia is accelerating not only in the catchment areas of rivers, but also on the shelf of the Arctic Ocean. Therefore, the relevance of studying the biodiversity of algal communities of the lower reaches of Arctic rivers and their estuaries is growing, as they are ecotones and are of great importance in maintaining biodiversity. There are a number of publications on the algal flora of the large Arctic rivers of the region. The purpose of this study is to reveal the key characteristics of the taxonomic composition of algal communities of Large Rivers of the Arctic basin of northeastern Siberia on the basis of original data and published materials to identify. The aim of this study is to identify the main features of the taxonomic composition of algal communities based on original data and published materials. As a result, the species richness of the lower reaches of the six largest rivers of the region was determined: Lena (637 species), Kolyma (187), Indigirka (185), Yana (111), Olenek (80) and Anabar (51 species). Differences in the reachness of floras are due to the different level of knowledge. We have demonstrated that the basis of the flora is made up of representatives of green and diatom algae. The revealed features of algal communities indicate that the water ecosystems of the lower reaches of the Arctic rivers of the region at this stage are mainly influenced by natural factors.

Keywords: algae, flora, biodiversity, Arctic rivers, the lower reaches of rivers, north-eastern Siberia

Северо-восток Сибири обладает густой речной сетью. Наиболее крупные арктические реки региона (Анабар, Оленёк, Лена, Яна, Индигирка, Колыма) принадлежат бассейнам морей Лаптевых и Восточно-Сибирского и, в отличие от рек Западной и Средней Сибири (рр. Обь и Енисей), менее населены человеком и до сих пор сохраняют естественный водный режим. Тем не менее экосистемы рек северо-востока Сибири испытывают на себе воздействие человеческой деятельности, которое связано с работой предприятий добывающей промышленности. В последнее время отмечается повышение активности промышленного освоения арктического сектора Восточной Сибири не только в водосборных бассейнах рек, но и в прибрежной части акватории Северного Ледовитого океана. Так, в 2017 г. компанией Роснефть начата сейсморазведка на шельфе моря Лаптевых, следовательно, антропогенная нагрузка будет усиливаться. В этих условиях возрастает актуальность исследований биоразнообразия водных экосистем региона, в особенности низовьев крупных арктических рек и их устьев, которые представляют собой маргинальную зону, так как рядом исследователей [1] показано большое значение экотонов в поддержании биоразнообразия.

В альгологическом отношении водоемы устьев арктических рек региона изучены недостаточно, наиболее полные данные о водорослях относятся к дельте р. Лены. Обобщающей работой, содержащей видовой список, сравнительный флористический анализ водорослей и сведения о сапробиологическом состоянии водоемов устья реки, является депонированная статья И.И. Васильевой и П.А. Ремигайло [2]. Водорослям низовьев р. Колымы посвящены работы М.М. Тяптиргянова и др. [3], а также А.М. Никанорова и др. [4]. В последнее время нами были опубликованы работы о фитопланктоне крупных арктических рек Якутии [5–7]. Имеется также ряд публикаций, содержащих сведения о флоре водорослей р. Лена [8] и Колыма [9, 10]. Цель настоящего исследования – обобщение вновь полученных и всех имеющихся альгологических данных о низовьях арктических рек региона, изучение особенностей таксономического состава водорослевых сообществ.

Материалы и методы исследования

Исследование основано на альгологическом материале, отобранном в сентябре 2009 г. на р. Лене в районе о. Тит-Ары, в августе-сентябре 2014 г. в бухте Тикси, заливе Неелова, а также в озерах окрестностей бухты Тикси, залива Неелова и Оленёкской протоки дельты. Использованы фондовые, ранее не опубликованные материалы ИБПК СО РАН, собранные на участках дельты Хохочу, Чай-Тумус и Буор-Хая, в протоке Гусинка и в районе устья р. Тыллах (сентябрь 1994 г.). Использованы также фондовые материалы Усть-Ленского заповедника сборов 1980–1990 гг., выполненных в бухте Тикси и р. Лене в районе о. Столб. Обработка материала проведена в лаборатории флористики и геоботаники ИБПК СО РАН. Для сбора полевого материала применялась планктонная сеть Апштейна, изготовленная из газа производства SEFAR NITEX, размером ячеи 30 мкм. Наблюдения проводились как в литорали, так и в пелагиали водоемов в поверхностном горизонте воды, на глубине до 0,3 м. Собрано и микроскопировано 100 планктонных проб.

Результаты исследования и их обсуждение

Фитопланктон устьевого участка р. Анабар относительно богат, так как в единственной пробе, которая была отобрана в Анабарской губе, нами был выявлен 51 вид (52 вида и разновидности) водорослей, представителей пяти отделов [7]. Основой планктонной флоры были диатомовые водоросли, которые составили 49,0% от общего числа видов. Разнообразно были представлены зеленые (25,5%) и золотистые (11,8%) водоросли, цианопрокариот (9,8%) и желтозеленых (3,9%) было отмечено меньше. Численность водорослей достигала в среднем 57,25 тыс. кл/л, а биомасса 0,028 мг/л. В ценотической, как и во флористической структуре планктона преобладали диатомеи, составляя 38,9% общей численности и 60,8% биомассы фитопланктона. На втором месте по количественным показателям развития были представители Chrysophyta, их доля в общей численности фитопланктона была 33,3%, а в биомассе – 37,0%. На долю цианопрокариот приходилось 22,2% общей численности, но из-за преобладания мелкоклеточных видов их вклад в биомассу фитопланктона был незначительным. Несмотря на весомый вклад во флору планктона, представители Chlorophyta составляли лишь 5,6% общей численности, а их доля в биомассе планктонных водорослей была еще меньше. Низкий уровень численности и биомассы был отмечен для водорослей отдела Xanthophyta.

Доминирующими видами планктона Анабарской губы являлись представители Bacillariophyta и Chrysophyta: *Asterionella formosa* Hass., *Nitzschia acicularis* W. Sm., *Dinobryon sociale* Ehr. *var. americana* (Brunnth.) Bachm., *Cyclotella meneghiniana* Kütz [7].

Фитопланктон предустьевого участка р. Оленёк представлен 80 видами (83 видами и разновидностями) из 5 отделов водорослей. Во флористической структуре водорослевых сообществ планктона низовья р. Оленёк преобладали Chlorophyta, составляя 55,0% от общего числа видов. Представителей Bacillariophyta (25,0%) и Cyanoprokaryota (11,3%) было отмечено меньше. Еще меньше был вклад во флору водорослей отдела Chrysophyta (6,3%). Из отдела Euglenophyta было встречено лишь два вида: *Euglena viridis* Ehr. и *Lepocinclis fusiformis* (Carter) Lemm. [7].

В нижнем течении р. Оленёк, сильное влияние на речной планктон оказывают водорослевые сообщества, развивающиеся в р. Бур, крупном левом притоке Оленёка. В планктоне устья р. Бур нами было зафиксировано массовое развитие представителей цианопрокариот двух видов: *Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs. с численностью 1802,5 тыс. кл/л и биомассой 0,045 мг/л, и *Anabaena affinis* Lemm. (158,7 тыс. кл/л; 0,018 мг/л). Тогда как количественные показатели развития фитопланктона в целом в устье р. Бур составляли 2300,8 тыс. кл/л и 0,087 мг/л. Повышенный уровень вегетации цианопрокариот был отмечен нами и в самой реке Оленёк, на значительном отрезке ниже впадения р. Бур.

В среднем для низовья р. Оленёк численность фитопланктона равнялась 1201,2 тыс. кл/л, а биомасса – 0,051 мг/л. По уровню количественного развития преобладали представители Cyanoprokaryota, достигая 94,9% общей численности фитопланктона и 60,5% его биомассы. Доля водорослей из других отделов была незначительна и составляла у Bacillariophyta – 2,4%, Chlorophyta – 1,7%, а у Chrysophyta и Euglenopyta – по 1,0%. Весомый вклад в биомассу фитопланктона кроме Cyanoprokaryota вносили также представители Bacillariophyta (25,2%), доля Chrysophyta и Chlorophyta была меньше, соответственно – 11,4 и 2,8%. Роль представителей Euglenophyta в формировании биомассы планктонных водорослей низовья р. Оленёк была незначительна.

Доминирующими видами водорослевого планктона низовья Оленёка были представители Cyanoprokaryota и Bacillariophyta: *Aphanizomenon flos-aquae*, *Asterionella formosa* и *Nitzschia acicularis* [7]. Звездчатые колонии *Asterionella formosa*, развивающиеся в обилии на этом участке р. Оленёк наблюдали также Л.Е. Комаренко и И.И. Васильева [11] в середине прошлого века.

В водоемах дельты р. Лены было выявлено 637 видов водорослей (686 видов и разновидностей) из 232 родов, 94 семейств, 43 порядков, 18 классов и 11 отделов. Основу флоры составили представители четырех отделов водорослей: диатомовые – 292 таксона (42,4% альгофлоры), зеленые – 114 (17,9%), стрептофитовые – 97 (15,2%) и цианопрокариоты – 81 (2,7%). Представители отделов желто-зеленых и золотистых водорослей были обнаружены в равном количестве по 21 виду (3%), динофитовых – 16 (2,4%), эвгленовых – 13 видов (2%). Единично были встречены водоросли из отделов эустигматофитовых – 4 (0,6%), криптофитовых – 2 (0,3%) и красных – 1 (0,2%).

Наиболее богатыми в видовом отношении классами альгофлоры дельты р. Лены являются Bacillariophyceae (36,5% общего числа видов), Zygnematophyceae (15,1%), Cyanophyceae (12,7%) и Chlorophyceae (12,4%). Среди порядков выделяются три: Raphales (31,4%), Desmidiales (14,3%) и Sphaeropleales (9,4%). Два наиболее крупных семейства относятся к диатомовым и стрептофитовым водорослям: Naviculaceae (11,9% видового состава) и Desmidiaceae (10,8%). Десятку ведущих родов составили *Cosmarium* (27 видов), *Closterium* (20), *Navicula* и *Eunotia* (по 18), *Pinnularia* и *Nitzschia* (по 17), *Gomphonema* (15), *Surirella* (13), *Cymbella* (11) и *Staurastrum* (10). Значительную часть флоры объединяют одно- и двувидовые роды, включая 33,4% видового состава, при этом они составляют 71,6% общего числа родов. Пропорции флоры 1:2,4:6,6:7,2 (относительное число семейств, принятое за 1 : среднее число родов в семействе : среднее число видов в семействе : среднее число видов и разновидностей в семействе). Родовая насыщенность видами – 2,8. Вариабельность вида – 1,1.

Видовое богатство водорослей, отмеченных в планктоне дельтового участка р. Яны, достигает 111 видов (123 таксона рангом ниже рода) из 7 отделов [7]. На первом месте по видовому богатству находятся представители зелёных водорослей, составляя 43,2% общего числа видов. Второе место занимают представители диатомей (39,6%), разнообразно представлены водоросли отдела Cyanoprokaryota (6,3%); Chrysophyta и Dinophyta меньше – соответственно 4,5% и 3,6%; беден состав Xanthophyta (1,8%) и Euglenophyta (0,9%).

Средние показатели численности и биомассы водорослей планктона дельты р. Яны составили соответственно 45,0 тыс. кл/л и 0,069 мг/л. По численности преобладают представители Bacillariophyta, доля которых в планктоне равнялась 86,7%. При этом один массово развивающийся вид диатомей (*Asterionella formosa*) формировал от 81,1% до 87,7% численности фитопланктона. Представители отдела Chrysophyta вносили значительный вклад в развитие альгогруппировок, составляя в среднем в фитопланктоне дельты р. Яны 10,8% общей численности. Биомасса фитопланктона низовья р. Яны представлена преимущественно водорослями двух отделов – зелёных (46,8% от общей биомассы) и диатомовых (45,4%) [7].

Доминирующими видами фитопланктона низовья р. Яны были представители диатомей *Asterionella formosa* и *Synedra ulna* (Nitzsch) Ehr., и золотистых водорослей – *Dinobryon sociale*.

Видовое богатство фитопланктона в нижнем течении р. Индигирки достигает 185 видов (206 внутривидовых таксонов) из 7 отделов. Основной вклад вносят представители отдела зеленых водорослей, которые составляют 46,5% видового состава. Доля Bacillariophyta во флоре планктона достигает 31,9% от общего числа видов. Роль золотистых (6,5%), эвгленовых, синезелёных (по 5,4%), динофитовых (2,7%) и жёлто-зелёных (1,6%) водорослей меньше.

Численность фитопланктона низовья Индигирки составила 49,5 тыс. кл/л, биомасса – 0,027 мг/л [5]. В низовье реки лучше вегетировали мелкоклеточные истинно-планктонные виды водорослей, этим объясняется низкое значение биомассы фитопланктона при высокой его численности. Основной вклад в количественные показатели развития фитопланктона принадлежал водорослям отдела Bacillariophyta, которые составляли 61,8 % общей численности и 64,6 % общей биомассы. Значительную роль в формировании планктонных альгоценозов низовья р. Индигирки играли представители отдела Chrysophyta, доля которых в численности фитопланктона равнялась 22,7 %, а в биомассе – 28,7 %. Доля зелёных водорослей была меньше (15,5 % численности и 5,7 % биомассы фитопланктона). Представители других отделов составляли незначительную долю в количественном развитии планктонных водорослей низовья Индигирки.

Нами была выявлена особенность, заключающаяся в том, что в устьях притоков нижней Индигирки, золотистые и зелёные водоросли вегетировали интенсивнее, чем в самой реке [5]. Так, в устье правого притока Индигирки, р. Бадярихе, и во флористическом и в ценотическом отношении преобладали зелёные водоросли, составляя 66,7 % видового состава фитопланктона, 61,8 % общей численности и 64,6 % общей биомассы водорослей. В устье р. Большая Эрча по видовому богатству преобладали зелёные водоросли (47,1 % видового состава), а по обилию – золотистые, составляя 67,6 % общей численности и 88,3 % общей биомассы водорослей. Таким образом, многие виды золотистых и зеленых водорослей вносятся в планктон р. Индигирки из приточной системы, но лишь некоторые виды продолжают там успешно вегетировать.

В число видов-доминантов наряду с диатомеями входили представители зелёных и золотистых: *Asterionella formosa*, *Monoraphidium komarkovae* Nygaard, *Dinobryon suecicum* Lemm., *Synedra ulna*, *S. tabulata* (Ag.) Kütz. Так как низовье р. Индигирки имеет равнинный характер, закономерно наличие среди доминантов двух истинно планктонных видов – *Asterionella formosa* и *Dinobryon suecicum*, а также двух факультативно планктонных видов – *Monoraphidium komarkovae и Synedra ulna*. Наличие среди доминантов представителя арктоальпийской флоры (*Dinobryon suecicum*) объясняется географическим положением низовья р. Индигирки.

В фитопланктоне низовья р. Колымы было выявлено 187 видов водорослей (205 видов и разновидностей) из 7 отделов [6]. Основу планктонной флоры составили зеленые водоросли (49,7 % общего числа видов). Второе место по видовому богатству принадлежит диатомеям (34,2 % флоры планктона). Водоросли отделов Cyanoprokaryota и Chrysophyta объединили соответственно 9,1 % и 3,2 % флоры. Видовой состав Dinophyta и Xanthophyta был беден и составил для каждого из отделов по 1,6 % обнаруженных в реке видов водорослей, а из отдела Euglenophyta нами был встречен один вид.

Численность фитопланктона достигала в среднем для низовья р. Колымы 221,4 тыс. кл/л, биомасса – 0,057 мг/л. Основа ценотической структуры фитопланктона представлена водорослями отдела Bacillariophyta, доля которых в общей численности была 47,8 %, а в общей биомассе – 70,8 %. Важную роль играют Cyanoprokaryota, составляя 42,8 % численности и 16,2 % биомассы планктонных водорослей. Роль Chlorophyta (6,8 % общей численности и 7,7 % общей биомассы фитопланктона) и Chrysophyta (2,6 % и 4,1 %) в альгоценозах меньше, а вклад водорослей других отделов является незначительным.

Доминирующими видами фитопланктона низовья р. Колымы являются представители двух отделов: Bacillariophyta и Cyanoprokaryota. Это планктонные и планктонно-бентосные водоросли, космополиты: *Aulacoseira granulata* (Ehr.) Simon., *Asterionella gracillima* (Hantzsch) Heib. и *Aphanizomenon flos-aquae.*

Таким образом, среди низовьев исследованных рек наиболее богата в видовом отношении флора водорослей дельты р. Лены (637 видов). Значительно уступают ей низовья р. Колыма (187 видов) и Индигирка (185 видов). Беднее видовой состав низовьев Яны (111 видов) и Оленёка (80 видов). Меньше всего видов отмечено в альгофлоре устья р. Анабар (51 вид). Столь значительные различия объясняются неоднородностью изученности низовьев арктических рек региона.

Основу флоры всех исследованных рек составляют представители зеленых и диатомовых водорослей.

Следует отметить, что роды *Navicula* и *Aulacoseira* находящиеся в головной части спектра низовьев исследованных нами рек северо-востока Сибири, входят также в число ведущих родов и в устьях других крупных арктических рек – Енисея и Оби [12, 13]. В устьях этих двух рек, после зарегулирования их стока, отмечено повышение видового разнообразия представителей рода *Stephanodiscus*, которое исследователи связывают с прогрессирующим процессом эвтрофирования вод. Например, в низовье Енисея число видов этого рода увеличилось за два десятилетия с 6 [12] до 10 [14]. По нашим данным, в низовье р. Лены этот род представлен только тремя видами, в устье р. Анабар – одним, а в низовьях других исследованных нами рек представителей данного рода отмечено не было.

Выводы

Фитопланктон низовьев исследованных рек характеризуется относительным видовым богатством, а его флористическому составу свойственны типические черты альгоценозов ненарушенных водоемов Арктики. По уровню количественного развития водорослей и таксономическому составу флоры устья рек характеризуются как олиготрофные северные водоемы. Полученные нами данные свидетельствуют о том, что водные экосистемы низовьев арктических рек региона на данном этапе находятся преимущественно под влиянием природных факторов. Сведения о таксономическом составе водорослевых сообществ низовьев исследованных рек являются фоновыми и послужат основой биомониторинга речных экосистем северо-востока Сибири.

Работа выполнена в рамках госзадания ИБПК СО РАН на 2017–2020 гг. по теме «Фундаментальные и прикладные аспекты изучения разнообразия растительного мира Северной и Центральной Якутии» (0376-2018-0001; рег. номер АААА-А17-117020110056-0).

Список литературы

1. Schilthuizen M. Ecotone: Speciation-prone / M. Schilthuizen // Trends Ecol. Evol. – 2000. – V. 15. № 4. – P. 130–131.

2. Васильева И.И. Флора пресноводных водорослей Ленской дельты / И.И. Васильева, П.А. Ремигайло. – Якутск, 1986. – 24 с.

3. Современное состояние гидробионтов нижнего течения реки Колымы / М.М. Тяптиргянов [и др.] // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова. – 2016. – № 2 (52). – С. 23–33.

4. Устьевая область р. Колыма в современных условиях антропогенного воздействия / А.М. Никаноров [и др.] // Метеорология и гидрология. – 2011. – № 8. – С. 74–88.

5. Габышев В.А. Особенности развития фитопланктона и физико-химических свойств воды р. Индигирка / В.А. Габышев, О.И. Габышева // Вестник СВНЦ ДВО РАН. – 2011. – № 3. – С. 42–50.

6. Габышев В.А. Структура фитопланктона и физико-химические параметры вод реки Колымы (Северо-Восточная Сибирь) в летний период / В.А. Габышев, О.И. Габышева // Сибирский экологический журнал. – 2013. – Т. 20, № 3. – С. 341–351.

7. Габышев В.А. Фитопланктон крупных рек Якутии и сопредельных территорий Восточной Сибири / В.А. Габышев, О.И. Габышева. – Новосибирск, 2018. – 416 с.

8. Ремигайло П.А. Эколого-географическая структура таксономического разнообразия фитопланктона реки Лены / П.А. Ремигайло // Наука и образование. – 2014. – № 1. – С. 90–96.

9. Васильева-Кралина И.И., Копырина Л.И., Пшенникова Е.В. Водоросли бассейна реки Колымы // Водоросли: проблемы таксономии, экологии и использование в мониторинге: материалы II всероссийской конф. – Сыктывкар: Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, 2009. – С. 198–200.

10. Харитонов В.Г. Диатомовые водоросли Колымы / В.Г. Харитонов. – Магадан: Кордис, 2014. – 496 с.

11. Комаренко Л.Е. К исследованию водорослей (микрофлоры) бассейна р. Оленёк / Л.Е. Комаренко, И.И. Васильева // Любите и охраняйте природу Якутии. – Якутск, 1967. – С. 103–110.

12. Приймаченко А.Д. Продукционно–гидробиологические исследования Енисея / А.Д. Приймаченко, Н.Г. Шевелева, Т.Н. Покатилова. – Новосибирск: Наука, 1993. – 197 с.

13. Семенова Л.А. Многолетние исследования фитопланктона Нижней Оби / Л.А. Семенова // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. – 2009. – № 9. – С. 163–173.

14. Бессудова А.Ю. Современное состояние вод нижнего участка реки Енисей / А.Ю. Бессудова [и др.] // География и природные ресурсы. – 2014. – № 3. – С. 93–99.

УДК 618.1:004

МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ РАССУЖДЕНИЙ ПО ПРЕЦЕДЕНТАМ В ОБЛАСТИ ДИАГНОСТИКИ ЖЕНСКОГО БЕСПЛОДИЯ

Денисова Е.А., Губанова Г.Ф., Леженина С.В., Чернышов В.В.

ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», Чебоксары, e-mail: gubanova.elena@gmail.com

В статье описана программная система поддержки врачебных решений, связанная с интеграцией онтологического подхода с другими интеллектуальными технологиями, в частности с методом поиска решений на основе прецедентов (Case-Based Reasoning, CBR). На основе корректного анализа прецедентов в системе фреймворка jColibri выделены: а) класс, содержащий экземпляры прецедентов; б) класс, описывающий ограничения, накладываемые на прецеденты; в) структуры прецедентов. На основе клинических материалов виды бесплодия определены по таким параметрам (заболеваниям-прецедентам) как: а) гирсутизм; б) дискомфорт в области малого таза; в) мужской тип телосложения; г) наличие бесплодия в семье у родителей; д) наличие хронических заболеваний; е) нарушение ожирение; и) патологические процессы (непроходимость маточной трубы, нарушение процесса образования яйцеклеток, образование антиспермальных антител, отсутствие матки, преждевременное истощение функции яичников, физические нарушения в репродуктивной системе). Данный подход с применением онтологических баз знаний и инструментальных средств онтологического инжиниринга (Resource Description Framework – стандарта описания ресурсов; Protege – редактора онтологий и фреймворка для построения баз знаний; JColibri) расширяет возможности и сферы применения интеллектуальных систем в сложных условиях (неопределенность, необходимость сокращения времени на поиск решения в экстренных врачебных ситуациях). В статье для оптимизации базы знаний системы, основанной на прецедентах (CBR-системы), предлагается использовать методы кластеризации и индексации, также дается сравнение CBR-технологий с другими вычислительными технологиями.

Ключевые слова: интеллектуальные системы, онтология, онтологическая база знаний, инструментальные средства, онтологический инжиниринг, редактор онтологий, прецеденты, рассуждения по прецедентам, CBR-технологии, принятие решений, диагностика, интеграция, кластеризация, индексация, экспертные знания

MODEL OF CASE-BASED REASONING SYSTEM FOR FEMALE INFERTILITY DIAGNOSIS

Denisova E.A., Gubanova G.F., Lezhenina S.V., Chernyshov V.V.

Chuvash State University n.a. I.N. Ulyanov, Cheboksary, e-mail: gubanova.elena@gmail.com

We consider the approach to development of medical decision support systems, integrating the ontological approach with other intelligent technologies, in particular, case-based reasoning. Based on the correct case analysis in the jColibri framework, the following entities are considered: a) class containing case instances; b) class describing the restrictions imposed on cases; c) case structures. On the basis of clinical materials, the types of infertility are determined by such parameters as: a) hirsutism; b) discomfort in the pelvic area; c) male body type; d) the presence of infertility in the family of parents; e) the presence of chronic diseases; f) violation of the menstrual cycle (broken, not broken); g) violation of thyroid function; h) obesity; i) pathological processes (obstruction of the fallopian tube, violation of the process of formation of eggs, the formation of antisperm antibodies, the absence of the uterus, premature depletion of ovarian function, physical disorders in the reproductive system). This approach using ontological knowledge bases and ontological engineering tools expands the capabilities and applications of intelligent systems in complex conditions (uncertainty, the need to reduce the time to find solutions in emergency medical situations). We propose to use clustering and indexing methods to optimize the knowledge base of the case-based system, as well as a comparison of CBR-technologies with other computing technologies.

Keywords: intellectual systems, ontology, ontological knowledge base, tools, ontological engineering, ontology editor, precedents, reasoning on precedents, CBR technologies, decision making, diagnostics, integration, clustering, indexing, expert knowledge

В современных интеллектуальных системах имеются различные подходы к решению задач моделирования человеческих рассуждений. В динамических интеллектуальных системах, в системах экспертного диагностирования, в системах машинного обучения, при поиске решения в малоизученных предметных областях и др. успешно применяются методы индуктивного, абдуктивного выводов [1], а также методы рассуждения по прецедентам (CBR-системы), связанные с накоплением опыта и последующей адаптацией решения известной задачи к решению новой. В современных исследованиях предлагается ряд подходов к интеграции различных типов рассуждений в интеллектуальных системах принятия решений [2; 3, с. 97–109; 4, с. 189–209].

Очевидно, медицина – прецедентная наука, но соответствующий механизм редко используется в медицинской литературе: те или иные ситуационные примеры чаще описываются на основе правил «если – то» или же иллюстрируются деревьями решений. В данной работе основной целью является определение способов представления прецедентов и их извлечения из библиотеки прецедентов (БП) на основе программной системы поддержки врачебных решений, связанной с интеграцией онтологического подхода с другими интеллектуальными технологиями, в частности с методом поиска решений на основе прецедентов (Case-Based Reasoning, CBR). Метод решения возникающих проблем на основе прецедентов (на основе CBR-системы) является наиболее естественным для специалистов, в частности врач, при постановке того или иного диагноза больному, может учитывать аналогичный пример из своего опыта.

В решении задач моделирования человеческих рассуждений, следует отметить, используются разнообразные способы представления прецедентов:

а) представление прецедентов в виде векторов, параметров [5, с. 87; 6, с. 45–57];

б) базы проектных решений (хранилище прецедентов);

в) системы распределенного вывода на основе прецедентов для интеллектуальных систем [7, с.57–62];

г) системы, реализующие прецедентный подход поддержки принятия решений в области медицины (с автоматизированными информационными системами, основанными на аналитической обработке информации для выработки и принятия решений): системы поддержки принятия решений (DiagnosisPro1, IndiGo2, Advisor3);

д) системы вывода на основе прецедентов KATE TOOLS (для выявления сходства между прецедентами используется простая метрика (версия алгоритма ближайшего соседа; DP Umbrella, Apriori);

е) системы, предназначенные для разработки экспертных систем, основанные на прецедентах: CBR Express и CasePoint – обеспечивают ввод, сопровождение и динамическое добавление прецедентов; CASEY (диагностирование сердечной недостаточности); PROTOS (классификация и диагностирование нарушений слуха).

Материалы и методы исследования

Прецедентный подход (метод моделирования рассуждений на основе CBR) дает возможность избегать ограничений, которые свойственны технологиям, использующим модели на основе правил, т.е. решение поставленных задач на основе повторного использования предыдущих (подобных) прецедентов. В настоящей работе для разработки прецедентов используется редактор Protege версии 5. Вначале определяются классы в онтологии и формируются иерархии классов. Корректный анализ прецедентов в системе фреймворка jColibri, как видно из рис. 1, указывает на необходимость создания в OWL-онтологии следующих основных классов: CBR-CASE (экземпляры прецедентов); CBR-DESCRIPTION (ограничения на прецеденты); CBR-INDEX – структура прецедента. Вид бесплодия, как показывает клинический материал, следует определять по следующим параметрам (заболеваниям-прецедентам):

а) гирсутизм (да, нет);

б) дискомфорт в области малого таза (отсутствует, присутствует);

в) мужской тип телосложения (да, нет);

г) наличие бесплодия в семье у родителей (было, не было);

д) наличие хронических заболеваний (одно хроническое заболевание, два хронических заболевания, нет хронических заболеваний);

е) нарушение менструального цикла (нарушен, не нарушен);

ж) нарушение функции щитовидной железы (без нарушений, с значительными нарушениями, с незначительными нарушениями);

з) ожирение (ожирение 1 ст., ожирение 2 ст., отсутствует);

и) патологические процессы (непроходимость маточной трубы, нарушение процесса образования яйцеклеток, образование антиспермальных антител, отсутствие матки, преждевременное истощение функции яичников, физические нарушения в репродуктивной системе).

И в итоге необходимо получить один из диагнозов типа Бесплодия:

1) генетическое бесплодие;
2) иммунологическое бесплодие;
3) психологическое бесплодие;
4) ранний климакс;
5) трубное бесплодие;
6) эндокринное бесплодие.

Описание вышеперечисленных параметров представлено на рис. 1.

Рассматриваемая онтологическая модель содержит следующие отношения между классами (см. рис. 2).

Следует отметить, что в описании классов могут быть также использованы конструкты индивидуальностей, где определяется список возможных значений для каждого класса/свойства.

В редакторе Protégé для присвоения значения свойствам экземпляров классов предназначена область Property Assertions на странице просмотра экземпляра индивидуального объекта.

Результаты исследования и их обсуждение

Созданная база знаний прецедентов способствует поиску решений в диагностике того или иного вида женского бесплодия, структурировании единицы опыта. В общую структуру прецедента, позволяющую представить процесс решения новой задачи с использованием накопленного опыта, вошли следующие основные составляющие:

а) фиксирующий (диагностирующий) компонент (фиксирует опыт таким образом, чтобы в определенной ситуации лечащий врач оценил бы возможность повторного использования);

б) обучающий компонент – альтернативные решения.

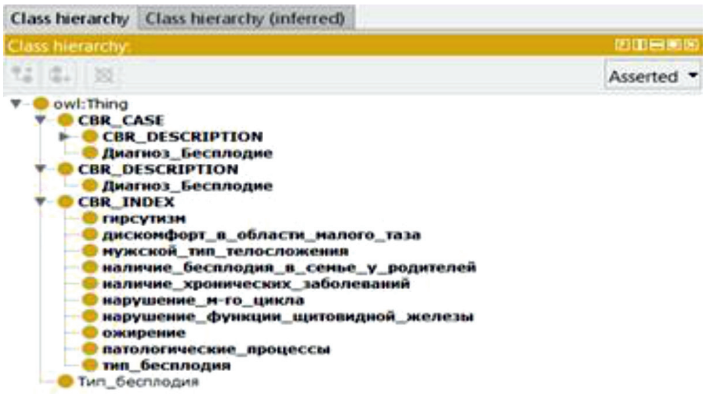


Рис. 1. Структура классов и прецедентов (параметры заболевания)

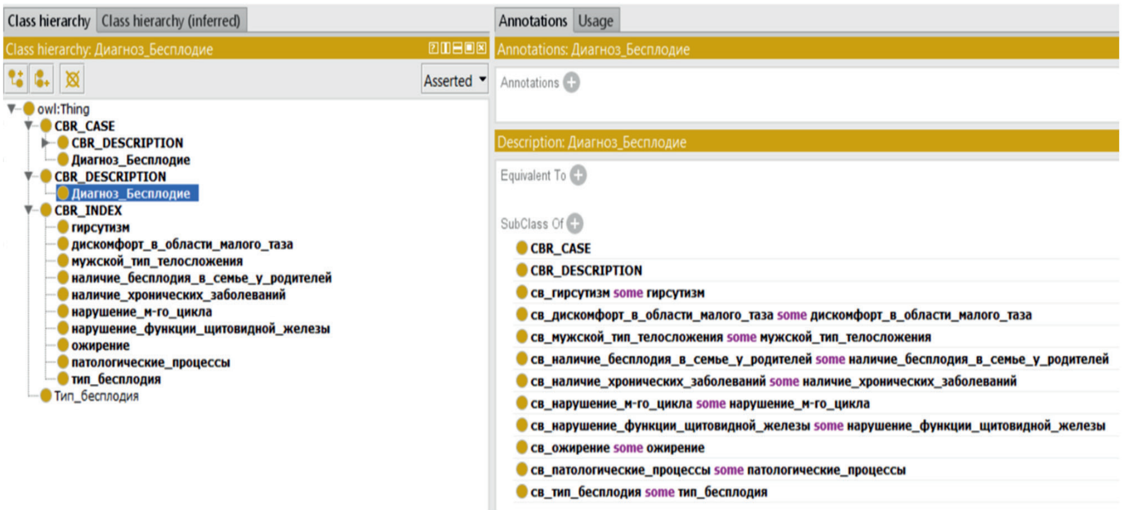


Рис. 2. Объектные отношения между классами

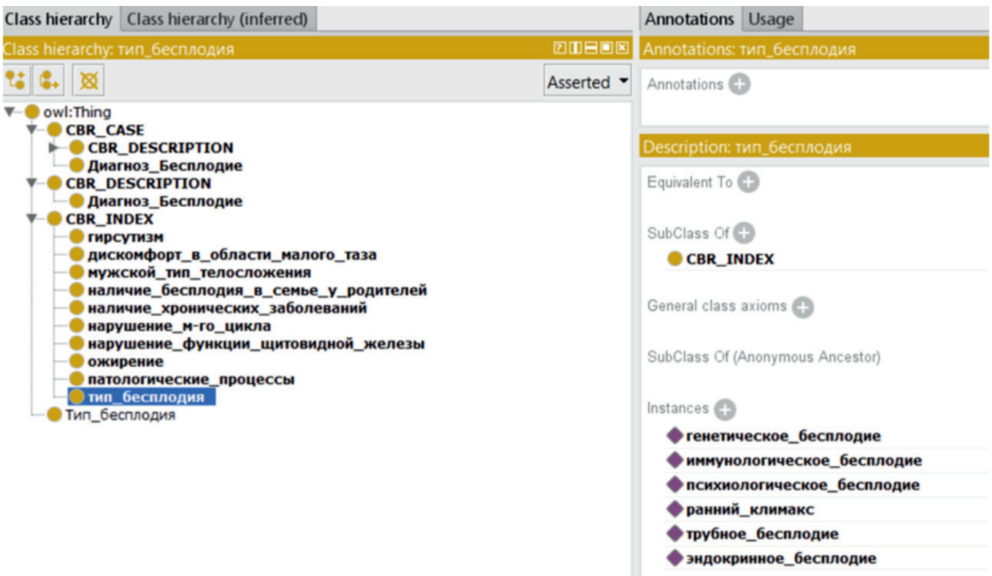


Рис. 3. Экземпляры классов

Для обработки прецедентов в OWL-формате (для построения решений, основывающихся на созданной нами онтологии с дескриптивной логикой) использовался набор библиотек бесплатного и свободно распространяемого java-фреймворка платформа jColibri (рис. 4).

CBR-система запускается после ее настройки на чтение онтологии посредством дескрипционной логики (в итоге получается дерево, изображенное на рис. 5).

После введения параметров, которые пользователь желает получить при помощи в принятии решения, выводится наиболее соответствующий прецедент и отчет, также выводится наиболее подходящий результат, соответствующий запросам, т.е. процессы представляют собой части цикла в базовом виде:

а) retrieve – извлечение прецедентов из Базы знаний методами ближайшего соседа (NN – Nearest Neighbor) на основе ассоциации новой задачи с проблемами, содержащимися в базе прецедентов (принцип «близкие проблемы имеют подобные решения»);

б) reuse – использование информации прецедента в решении поставленной проблемы (часто используется метод адаптации (преобразования) восстановленных решений;

в) revise – оценочный цикл выбранного решения;

г) сохранение (обучение CBR системы), добавление пересмотренного прецедента в базу прецедентов для использования в будущем (retain).

В ходе дальнейшего функционирования CBR-системы возможно ее обучение: количество прецедентов бесплодия увеличивается, что дает возможность данной системе быстро и качественно решать поставленные перед ней задачи, однако CBR-циклы могут потребовать дополнительных временных ресурсов. В данном случае целесообразно оптимизировать работу системы – сократить количество прецедентов на основе методов классификации, кластеризации (разбиения прецедентов на классы семантически близких случаев (кластеры) на основе алгоритмов k-средних, уточняющих границы кластеров прецедентов с целью обобщения накопленной информации (прецедентов) и индексации на основе концептов онтологии, используя евклидову или манхэттенскую метрики или же меры сходств Хемминга, вероятностную меру, Роджерса – Танимото.

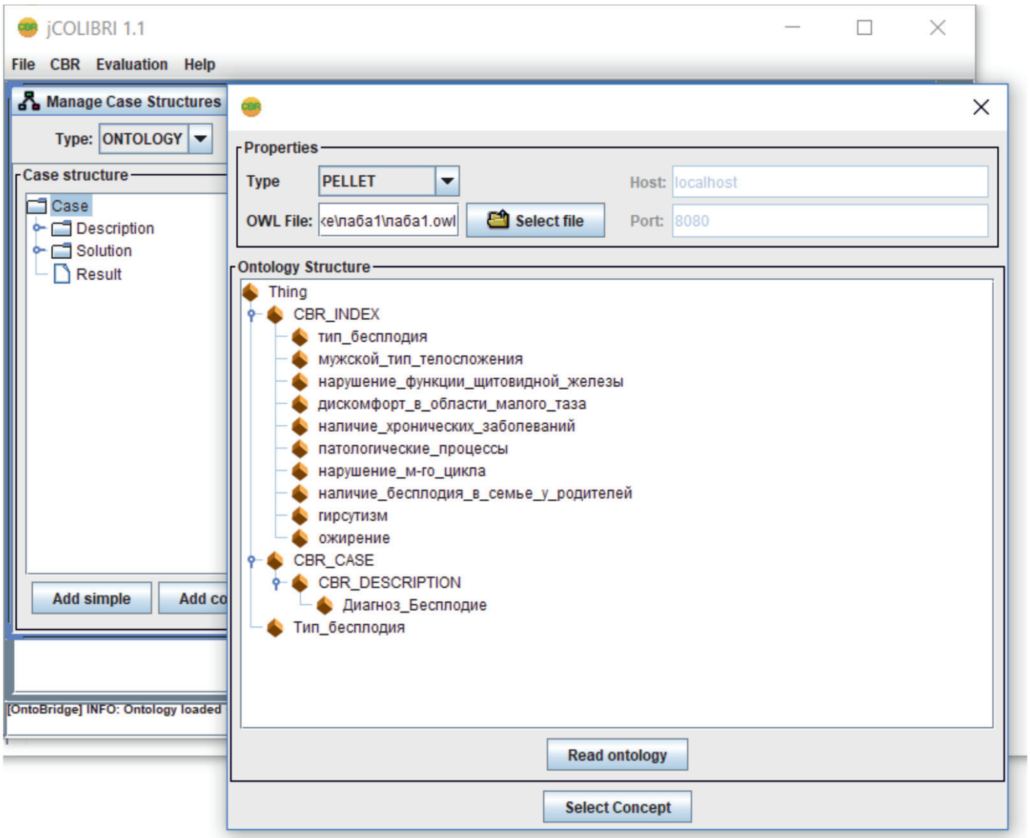


Рис. 4. Структура прецедентов на платформе jColibri

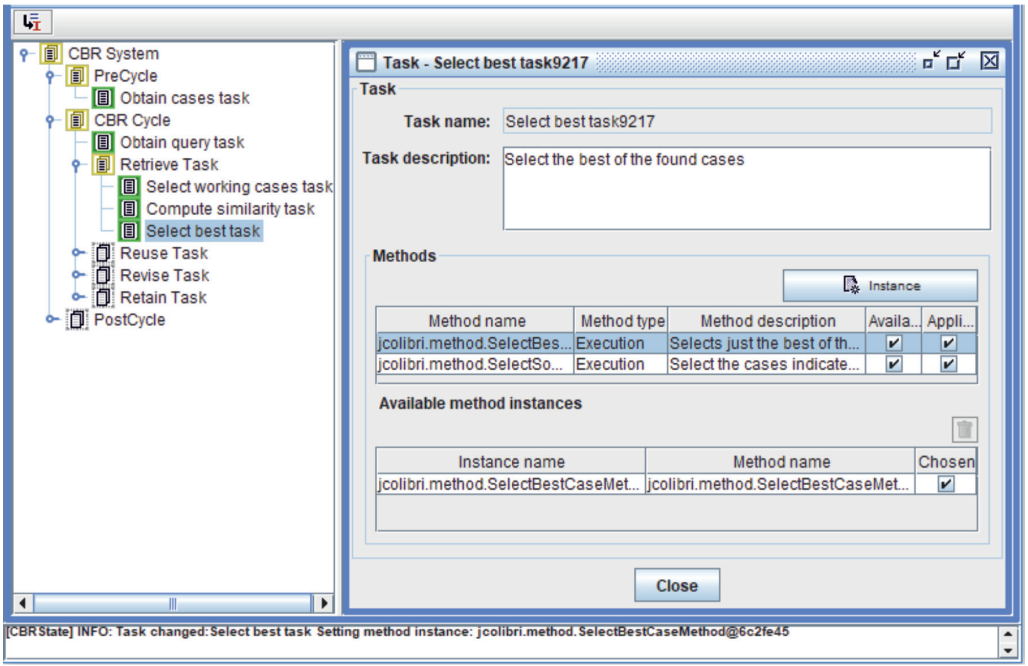


Рис. 5. Результат заполнения дерева

Заключение

Сравнение CBR-технологий с другими вычислительными технологиями (в настоящее время решение соответствующих задач отличается многообразием методов, в частности статистический анализ, продукционные системы, машинное обучение и нейронные сети, поисковые системы) позволяет сделать следующие выводы:

а) CBR системы более эффективны в процессе поддержки принятия диагностических решений в экстренных акушерских, гинекологических врачебных ситуациях, чем различные статистические техники, в частности использования индуктивного CBR алгоритма и известного статистического метода под названием линейный дискриминантный анализ;

б) в случае использования CBR-систем нет необходимости в знании, как решается та или иная проблема в определенной ситуации диагностики женского бесплодия: повторно используются предыдущие подобные ситуации, а продукционные системы представляют предметную область в виде множества индивидуальных правил, решающих ту или иную часть задачи;

в) если машинное обучение связано с анализом множества прецедентов и генерацией набора правил, то CBR на основе индуктивных алгоритмов классифицирует существующие прецеденты;

г) нейронные сети оправданы в случаях, где представленные данные не-символы, в частности распознавание речи, а CBR системы лучше работают с соответствующими данными;

д) CBR технологии удобны в определенных модификациях проектной информации интеллектуальных систем в условиях изменившихся требований к формализации онтологических моделей бесплодия.

Применение онтологических баз знаний и инструментальных средств онтологического инжиниринга открывает новые области компьютерной поддержки врачебных решений, упрощает процесс принятия решений в условиях жестких временных ограничений и при наличии различного рода неопределенностей в исходных данных и экспертных знаниях, применении иных метрик при поиске подходящего прецедента для пополнения деревьями решений предметной области как в медицине, так и в других областях знаний. На основе выбранного для анализа подхода можно сформулировать типовой гибридный алгоритм работы системы по диагностированию женского бесплодия.

Список литературы

1. Вагин В.Н. Достоверный и правдоподобный вывод в интеллектуальных системах / В.Н. Вагин, Е.Ю. Головина, А.А. Загорянская, М.В. Фомина. – М.: Физматлит, 2004. – 662 с.

2. Капыш А.С. Интеллектуальная система поддержки принятия решений на основе рассуждений по прецедентам: дис… канд. техн. наук. – Волгоград, 2011. – 238 с.

3. Варшавский П.Р. Поиск решения на основе структурной аналогии для интеллектуальных систем поддержки принятия решений / П.Р. Варшавский, А.П. Еремеев // Известия РАН. Теория и системы управления. – 2005. – № 1. – С. 97–109.

4. Prentzas J., Hatzilygeroudis I. Combinations of Case-Based Reasoning with Other Intelligent Methods. International Journal of Hybrid Intelligent Systems. CIMA 6(4), 2009, pp. 189–209.

5. Авдеенко Т.В. Система поддержки принятия решений в IT-подразделениях на основе интеграции прецедентного подхода и онтологии / Т.В. Авдеенко, Е.С. Макарова // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер. управление, вычисл. техн. информ. – 2017. – № 3. – С. 87.

6. Варшавский П.Р. Моделирование рассуждений на основе прецедентов в интеллектуальных системах поддержки принятия решений / П.Р. Варшавский, А.П. Еремеев // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2009. – № 2. – С. 45–57.

7. Бредихин К.Н. Распределенный вывод на основе прецедентов в интеллектуальных системах поддержки принятия решений / К.Н. Бредихин, П.Р. Варшавский // Теория и практика системного анализа: тр. I Всерос. науч. конф. молодых ученых. – Рыбинск: РГАТА им. П.А. Соловьева, 2011. – Т. 1. – С. 57–62.

УДК 573.6

ВЛИЯНИЕ АЛЬФА-ФЕТОПРОТЕИНА НА РАЗВИТИЕ ОРГАНОТИПИЧЕСКИХ КУЛЬТУР ТКАНЕЙ ТИМУСА И СЕЛЕЗЕНКИ МОЛОДЫХ И СТАРЫХ КРЫС

[1]Земчихина В.Н., [2]Поправка Е.С., [2,3]Линькова Н.С., [2,4]Чалисова Н.И.

[1]ЗАО «Институт Новые медицинские технологии», Пермь, e-mail: vellbiogen@mail.ru;
[2]АНО НИЦ «Санкт-Петербургский институт биорегуляции и геронтологии», Санкт-Петербург, e-mail: katrine1994@mail.ru;
[3]Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, e-mail: miayy@yandex.ru;
[4]Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург, e-mail: ni_chalisova@mail.ru

Альфа-фетопротеин (АФП) – гликопротен с молекулярной массой 69 кДа, который образуется при развитии эмбриона. Лекарственный препарат АФП является иммуномодулятором и используется при лечении астмы, гепатитов, миомы матки, различных инфекционных заболеваний. Однако геропротекторное действие АФП на органы иммунной системы до сих не изучено. Цель работы – оценить влияние АФП в органотипических культурах тимуса и селезенки крыс разного возраста. Исследование проводили на органотипических культурах тимуса и селезенки молодых (3 мес.) и старых (20 мес.) крыс линии Wistar. В контрольные культуры добавляли физиологический раствор, а в экспериментальные – АФП в диапазоне концентраций 0,01–100 мкг/мл. Эксплантаты культивировали 3 дня в стандартных условиях. В процессе культивирования вокруг эксплантатов образовывалась зона роста, состоящая из мигрирующих и регенерирующих клеток. Определяли индекс площади (ИП), который рассчитывали в процентах как соотношение площади всего эксплантата вместе с зоной роста к площади центральной зоны эксплантата. Для расчета ИП эксплантатов использовали программу PhotoM 1.2. ИП зоны роста органотипической культуры ткани тимуса молодых и старых крыс при добавлении АФП в эффективной концентрации 1 мкг/мл достоверно возрастал соответственно на 35 % и 21 % по сравнению с контролем. ИП зоны роста органотипической культуры селезенки молодых и старых крыс при добавлении АФП в эффективной концентрации 1 мкг/мл достоверно увеличивался соответственно на 39 % и 26 % по сравнению с контролем. Таким образом, препарат АФП в эффективных концентрациях влияет стимулирующим образом на регенерацию в иммунной ткани, оказывая также геропротекторное действие на органы иммунной системы старых крыс – тимус и селезенку.

Ключевые слова: альфа-фетопротеин, геропротекция, иммунная система, органотипическая культура ткани

INFLUENCE OF ALPHA-FETOPROTEIN ON THE DEVELOPMENT OF TYMUS AND SPLEEN ORGANOTYPIC CULTURES OF YOUNG AND OLD RATS

[1]Zemchikhina V.N., [2]Popravka E.S., [2,3]Linkova N.S., [2,4]Chalisova N.I.

[1]Institute of New Medical Technologies, Perm, e-mail: vellbiogen@mail.ru;
[2]St. Petersburg Institute of Bioregulation and Gerontology, St. Petersburg, e-mail: katrine1994@mail.ru;
[3]Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, e-mail: miayy@yandex.ru;
[4]I.P. Pavlov Institute of Physiology, St. Petersburg, e-mail: ni_chalisova@mail.ru

Alpha-fetoprotein (AFP) is a glycoprotein with a molecular mass of 69 kDa, which is formed when the embryo develops. The drug AFP is an immunomodulator and is used in the treatment of asthma, hepatitis, uterine fibroids, various infectious diseases. However, the geroprotective effect of AFP on the organs of the immune system has not yet been studied. The aim of the work is to evaluate the effect of AFP in organotypic cultures of the thymus and spleen of rats of different ages. The study was carried out on organotypic cultures of the thymus and spleen of young (3 months) and old (20 months) Wistar rats. In the control cultures, physiological saline was added, and in the experimental cultures AFP was added at concentration diapason 0.01 – 100 μg / ml. Explants was grown 3 days under standard conditions. During cultivation, a growth zone consisting of migrating and regenerating cells formed around the explants. The area index (PI) was calculated, which was calculated in % as the ratio of the area of the entire explant with growth zone to the area of the central explant zone. To calculate the explorer IP used the program PhotoM 1.2. The IP of the growth zone of the organotypic culture of the thymus tissue of young and old rats, when AFP was added at an effective concentration of 1 μg / ml, significantly increased by 35 % and 21 %, respectively, compared with the control. The IP of the growth zone of the organotypic culture of the spleen of young and old rats, when AFP was added at a concentration of 1 μg / ml, significantly increased by 39 % and 26 %, respectively, compared with the control. Thus, the AFP preparation at an effective concentrations has a regeneration stimulating effect on immune tissue, and so the geroprotective effect on the organs of the immune system in old rats – thymus and spleen.

Keywords: alpha-fetoprotein, geroprotection, immune system, organotypic tissue culture

Альфа-фетопротеин (АФП) – гликопротеин с молекулярной массой 69 кДа, который образуется при развитии эмбриона. Лекарственный препарат АФП является иммуномодулятором и используется при лечении астмы, гепатитов, миомы матки, диабета, саркоидоза, онкологии, урогенитальных инфекций, рассеянного склероза, постинфекционных поражений сердца и почек, постинсультных состояний, тромбооклюзионных поражений сосудов, язвенных болезней кишечника, ожогов, для улучшения потенции, входит в состав косметики. АФП оказывает стимулирующее воздействие на рост и пролиферацию фибробластов. Обладает синергизмом по отношению к эпидермальному, трансформирующему и инсулиноподобному факторам роста, оказывает влияние на метаболизм стероидных гормонов. Способен активировать ген апоптоза и запускать механизм запрограммированной гибели раковой клетки (аналогично фактору некроза опухоли). Обнаружена способность препятствовать связыванию вирусов с мембранами лимфоцитов и ограничивать атаку аутоантител на специфические сайты и рецепторы клетки. Показана эффективность при лечении заболеваний с выраженным аутоиммунным компонентом (аутоиммунные поражения щитовидной и поджелудочной желез, спаечная болезнь, артриты, артрозы, астма, постинфекционные поражения сердца и почек, миастения и т.д.), изучается возможность применения в комплексной терапии сахарного диабета, ревматизма, злокачественных опухолей и ряда других заболеваний, ассоциированных с возрастом, трудно поддающихся лечению [1–3]. Несмотря на широкий список показаний к применению АФП при различных патологиях, его геропротекторное действие на органы иммунной системы до сих не изучено.

Эффективность АФП при лечении астмы. В последние десятилетия сохраняется тенденция к повышению количества пациентов с тяжелыми формами аллергических заболеваний, в первую очередь бронхиальной астмы (БА). Усугублению БА способствует применение традиционно применяемых лекарственных средств. Нарушение функции аутомикрофлоры и, как следствие, повторные курсы глюкокортикостероидов, антигистаминных антибиотиков приводят к нежелательным иммунным сдвигам [4, 5]. Был изучен иммунный статус у пациентов с БА со среднетяжелым и тяжелым течением с целью подбора эффективной иммунокоррекции. В качестве иммуномодулятора применяли АФП. Будучи транспортным белком, АФП обладает регуляторными качествами, способствует активной отрицательной селекции аутореактивных клонов лимфоцитов и аутоантител, появившихся в условиях иммуносупрессии. АФП оказывал нормализующее влияние на обменные процессы у пациентов с БА, улучшал функции легких и дренаж мокроты, способствовал исчезновению одышки [6, 7]. Обладая гепатотропным действием, АФП обеспечивал детоксикационный эффект (особенно при внутривенном введении) у пациентов с БА. Препарат оказал положительное влияние на метаболизм стероидных гормонов, что позволило применять их в количестве 50–75 % от необходимой лечебной дозы, что в случаях гормонозависимости достаточно успешно [8].

Эффективность АФП при лечении неспецифической патологии желудочно-кишечного тракта. Анализ эффективности препарата АФП в комплексном лечении больных с неспецифическим язвенным колитом (НЯК) и болезнью Крона позволил выявить его выраженное положительное влияние на течение этих заболеваний и ближайший результат лечения. Указанные позитивные изменения верифицированы биохимическими, гематологическими и иммунологическими тестами, а также рентгенологическим и эндоскопическим исследованиями. Установлено, что применение АФП у больных неспецифическими заболеваниями кишечника (НЯК, гранулематозный илеоколит) способствует снижению уровня аутоиммунных реакций через реализацию подавления избыточного антителообразования (IgG) и активированных клеток иммунитета (CD54+; CD11b+). Наряду с выраженным положительным терапевтическим влиянием АФП ни в одном из наблюдений не отмечено ухудшения состояния пациентов или иных побочных эффектов, что свидетельствует о хорошей переносимости препарата. Получены статистически достоверные данные, позволяющие судить о безопасности и эффективности АФП в комплексном лечении больных НЯК и болезнью Крона [9, 10].

Эффективность АФП при лечении аутоиммунного тиреоидита. АФП применяется в комплексной терапии при аутоиммунном тиреоидите (болезни Хашимото). Прием данного препарата помогает снизить уровень антител против тиреоглобулина, являющегося одним из необходимых компонентов для синтеза гормонов щитовидной железы. Кроме этого, АФП восстанавливает уровень CD3+ и CD8+ Т – клеток, повышает исходно сниженный уровень иммуноглобулинов (IgA, M, G), увеличивает продукцию эндогенного тироксина и трийодтиронина [11, 12]. Однако исследований о влиянии АФП на регенерацию тканей иммунной системы не проводилось.

Цель исследования: оценить влияние АФП на развитие органотипических культур тканей тимуса и селезенки крыс разного возраста.

Материалы и методы исследования

В экспериментах было использовано более 300 фрагментов тимуса и селезенки 3-месячных (молодых) и 20-месячных (старых) самцов крыс линии Вистар. Работа проведена на крысах из биоколлекции «Коллекция лабораторных млекопитающих разной таксономической принадлежности» Института физиологии им. И.П. Павлова РАН, поддержанной программой биоресурсных коллекций ФАНО России. Отпрепарированные фрагменты ткани разделяли на фрагменты величиной около 1 мм^3, которые помещали в чашки Петри с полилизиновым покрытием. Питательная среда состояла из 35 % среды Игла, 35 % раствора Хенкса, 25 % фетальной телячьей сыворотки. В среду добавляли глюкозу (0,6 %), инсулин (0,5 ед/мл), гентамицин (100 ед/мл).

Далее исследуемые культуры (селезенки и тимуса молодых и старых крыс) были разделены на группы, как показано в таблице. В чашки Петри с экспериментальными эксплантататами добавляли 3 мл питательной среды с исследуемой концентрацией АФП, в чашки Петри с контрольными эксплантатами – 3 мл питательной среды, без добавления препарата. Таким образом, эксплантаты экспериментальных и контрольной групп развивались в одинаковых объемах питательной среды. Чашки Петри помещали в термостат при температуре 37 °С в условиях постоянного поступления 5 % CO_2 и через 3 сут просматривали под фазово-контрастным микроскопом. Определяли индекс площади (ИП), как отношение площади эксплантата вместе с зоной роста к исходной площади. Статистическая обработка данных проведена в программе «Statistica 6.0».

Схема проведения эксперимента

Тип органотипической культуры ткани	Группы
Тимус молодых крыс	1 – контроль 2 – АФП, 0,01 мкг/мл
Тимус старых крыс	3 – АФП, 0,1 мкг/мл 4 – АФП, 1 мкг/мл
Селезенка молодых крыс	5 – АФП, 10 мкг/мл 6 – АФП, 100 мкг/мл 4 – АФП, 1 мкг/мл
Селезенка старых крыс	5 – АФП, 10 мкг/мл 6 – АФП, 100 мкг/мл

Результаты исследования и их обсуждение

Влияние альфа-фетопротеина на рост органотипической культуры тимуса молодых крыс. ИП зоны роста органотипической культуры ткани тимуса молодых крыс при добавлении АФП в концентрации 0,1 мкг/мл и 1 мкг/мл достоверно возрастал соответственно на 26 % и 35 % по сравнению с контролем (рис. 1), что свидетельствует о стимулирующем воздействии АФП в данных концентрациях на пролиферацию ткани органотипической культуры тимуса молодых крыс. Добавление данного пептида в концентрациях 0,01; 10; 100 и 1000 мкг/мл не обладало выраженным эффектом. Кроме того, добавление АФП в концентрации 1000 мкг/мл обладало ингибирующим действием на рост органотипической культуры ткани тимуса молодых крыс и незначительно понижало ИП по сравнению с контролем. Это связано с тем, что в культуре ткани большие концентрации биологически активных веществ являются уже сверхсильными и вызывают контактное торможение роста клеток. Таким образом, препарат АФП в эффективных концентрациях 0,1 и 1 мкг/мл оказывал иммуностимулирующее действие на тимус молодых крыс.

Влияние альфа-фетопротеина на рост органотипической культуры тимуса старых крыс. ИП зоны роста органотипической культуры ткани тимуса старых крыс при добавлении АФП в концентрациях 0,1 мкг/мл, 1 мкг/мл и 10 мкг/мл достоверно возрастал соответственно на 16 %, 21 % и 15 % по сравнению с контролем (рис. 2), что свидетельствует о стимулирующем воздействии АФП в данных концентрациях на рост органотипической культуры тимуса старых крыс. Добавление АФП в концентрациях 0,01; 100 и 1000 мкг/мл не влияло на ИП эксплантатов тимуса старых крыс. Таким образом, препарат АФП в эффективной концентрации 0,1; 1 и 10 мкг/мл оказывает геропротекторное действие на центральный орган иммунной системы – тимус.

Влияние альфа-фетопротеина на рост органотипической культуры селезенки молодых крыс. ИП зоны роста органотипической культуры ткани селезенки молодых крыс при добавлении АФП в концентрации 0,1 мкг/мл достоверно возрастал на 20 %, а при добавлении препарата в концентрации 1 мкг/мл ИП достоверно возрастал на 39 % по сравнению с контролем (рис. 3). ИП зоны роста органотипической культуры ткани селезенки молодых крыс при добавлении АФП в концентрации 10 мкг/мл возрастал на 16 %, а при концентрации 100 мкг/мл – на 12 % по сравнению с контролем (рис. 3), что свидетельствует о стимулирующем действии АФП в данных концентрациях на рост органотипической культуры селезенки молодых крыс. Добавление АФП в концентрациях 0,01 и 1000 мкг/мл не обладало стимулирующим эффектом на ИП зоны роста органотипической культуры селезенки молодых крыс. Таким образом, препарат АФП в эффективных концентрациях 0,1; 1; 10 и 100 мкг/мл оказывал иммунопротекторное действие на селезенку молодых крыс.

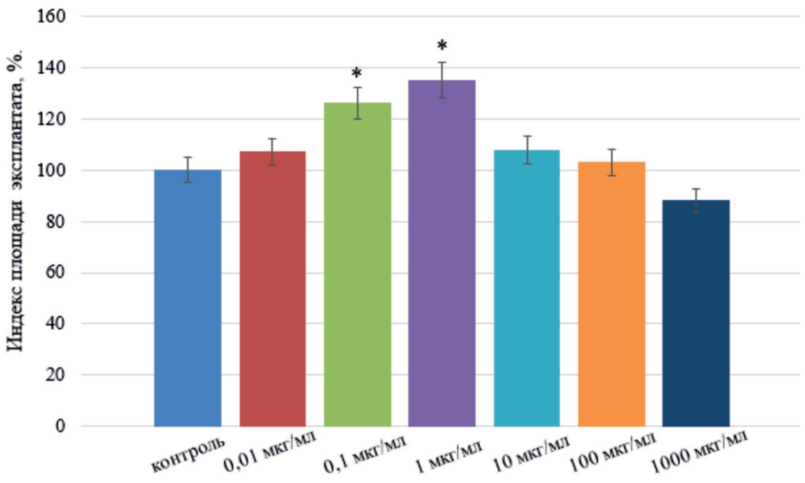


*Рис. 1. Влияние альфа-фетопротеина на индекс площади эксплантатов органотипической культуры тимуса молодых крыс. * – p < 0,05 по сравнению с контролем*

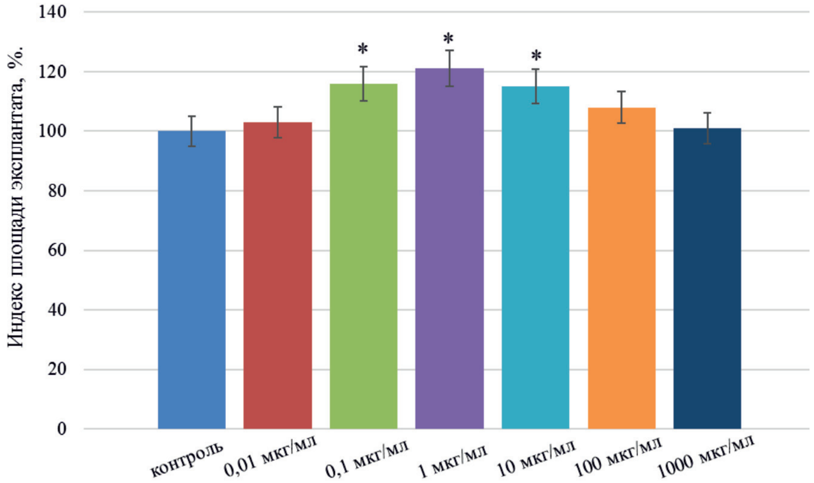


*Рис. 2. Влияние альфа-фетопротеина на индекс площади эксплантатов органотипической культуры тимуса старых крыс. * – p < 0,05 по сравнению с контролем*

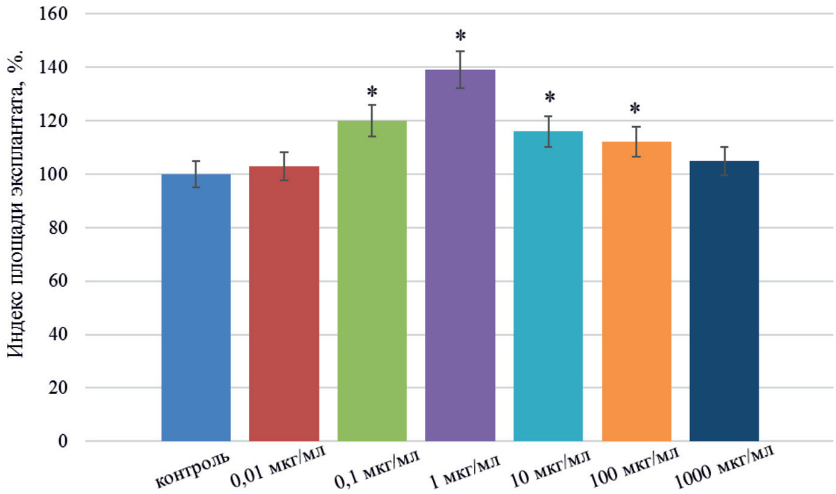


*Рис. 3. Влияние альфа-фетопротеина на индекс площади эксплантатов органотипической культуры селезенки молодых крыс. * – p < 0,05 по сравнению с контролем*

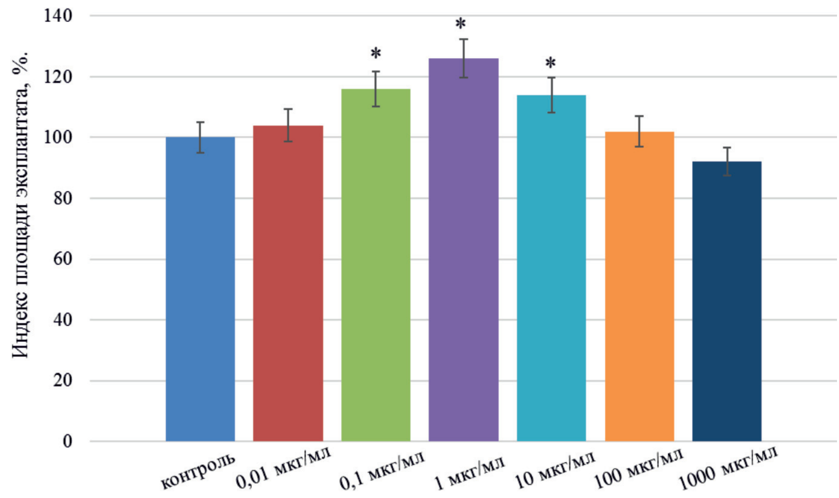


*Рис. 4. Влияние альфа-фетопротеина на индекс площади эксплантатов в органотипической культуре селезенки старых крыс. * – p < 0,05 по сравнению с контролем*

Влияние альфа-фетопротеина на рост органотипической культуры селезенки старых крыс. Эффективное влияние АФП на рост органотипической культуры селезенки старых крыс было обнаружено при концентрациях препарата 0,1; 1 и 10 мкг/мл, где ИП зоны роста достоверно возрастал соответственно на 16, 26 и 14 % по сравнению с контролем (рис. 4). Этот факт свидетельствует о стимулирующем воздействии АФП в данных концентрациях на рост органотипической культуры селезенки старых крыс. Добавление АФП в концентрациях 0,01; 100 и 1000 мкг/мл не обладало статистически значимым эффектом в отношении ИП зоны роста эксплантатов органотипической культуры селезенки старых крыс. АФП в концентрации 1000 мкг/мл обладал ингибирующим действием на рост органотипической культуры селезенки старых крыс. Таким образом, препарат АФП в эффективных концентрациях 0,1; 1 и 10 мкг/мл оказывает геропротекторное действие на селезенку.

Заключение

Полученные данные свидетельствуют о том, что концентрации АФП, стимулирующие рост органотипической культуры ткани тимуса молодых крыс, находились в диапазоне 0,1 и 1 мкг/мл, концентрации АФП, стимулирующие рост органотипической культуры ткани тимуса старых крыс, в диапазоне 0,1–10 мкг/мл. В таком же диапазоне АФП влиял стимулирующим образом на эксплантаты ткани селезенки старых крыс. В тканях селезенки молодых крыс этот диапазон был наиболее широким 0,1–100 мкг/мл. Эффективными концентрациями АФП оказались концентрации 1 мкг/мл, оказывающие наибольшее влияние на клеточную регенерацию, ИП при этом увеличивался на 35 % и 21 % в тканях тимуса молодых и старых крыс соответственно, и на 39 % и 26 % в тканях селезенки молодых и старых крыс соответственно. Таким образом, препарат гликопротеин альфа-фетопротеин оказывает выраженное стимулирующее влияние на клеточную пролиферацию в иммунных тканях не только у молодых животных, но и у старых. Это открывает перспективы для применения АФП при различной патологии органов иммунной системы, в том числе при заболеваниях, ассоциированных с возрастом.

Список литературы

1. Krut'ko V.N., Dontsov V.I., Khalyavkin A.V. Effect of Alpha-Fetoprotein on Lifespan of Old Mice. Biochemistry, 2016, vol. 81, no. 12, pp. 1477–1479.

2. Meng W., Li X., Bai Z., Li Y., Yuan J., Liu T., Yan J., Zhou W., Zhu K., Zhang H., Li Y. Silencing alpha-fetoprotein inhibits VEGF and MMP-2/9 production in human hepatocellular carcinoma cell. PLoS One, 2014, vol. 9, no. 2, pp. 28.

3. Bredaki F.E., Poon L.C., Birdir C., Escalante D., et al. First-trimester screening for neural tube defects using alpha-fetoprotein. Fetal. Diagn. Ther, 2012, vol. 31, no. 2, pp. 109–114.

4. Nikulina D, Terentyev A, Galimzyanov K, Jurisic V. Fifty years of discovery of alpha-fetoprotein as the first tumor marker. Srp Arh Celok Lek, 2015, vol.143, pp. 100–104.

5. Deshpande N., Chavan R., Bale G. Hereditary Persistence of Alpha-Fetoprotein Is Associated with the −119G>A

Polymorphism in AFP Gene. ACG Case Reports Journal, 2017. vol. 4, pp. 33.

6. Ertle J.M., Heider D., Wichert M., Keller B. et al. A combination of α-fetoprotein and des-γ-carboxy prothrombin is superior in detection of hepatocellular carcinoma. Digestion. 2013. vol. 87, no. 2, pp. 121–131.

7. Wang H., Bi X., Xu L., Li Y. Negative interference by rheumatoid factor in alpha-fetoprotein chemiluminescent microparticle immunoassay. Ann Clin Biochem. 2017. vol. 54, no. 1, pp. 55–59.

8. Wong R.J., Ahmed A., Gish R.G. Elevated alpha-fetoprotein: differential diagnosis – hepatocellular carcinoma and other disorders. Clin Liver Dis, 2015, vol. 19, no. 2, pp. 309–323.

9. Lemanske R.F., Busse W.W. Asthma: clinical expression and molecular mechanisms. J. Allergy Clin. Immunol, 2010, vol. 125, no. 2., pp. 95–102.

10. Arkhipkin A.A., Liang O.V., Kochetov A.G. The alpha-fetoprotein in prognosis of survival of and functional rehabilitation of patients with ischemic stroke. Klin Lab Diagn, 2014, vol. 59, no. 10, pp. 12–15.

11. Van de Loo K.F., van Gelder M.M., Roukema J., Roeleveld N. Prenatal maternal psychological stress and childhood asthma and wheezing: a meta-analysis. The European respiratory journal, 2016, vol. 47, no. 1, pp. 133–146.

12. Pak V.N. The use of alpha-fetoprotein for the treatment of autoimmune diseases and cancer. Ther Deliv, 2018, vol. 9, no. 1, pp. 37–46.

УДК 634.1-15

ПРИМЕНЕНИЕ ГУМИНО-МИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ «БЕРЕКЕ» ПРИ ЛИСТОВОЙ ПОДКОРМКЕ ПЛОДОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ ЯБЛОНИ СОРТА «СТАРКРЫМСОН»

[1]Арзиев Ж.А., [2]Шамшиев Б.Н., [3]Борубаев С.А., [3]Бостонбаев М.А.

[1]Институт природных ресурсов им. А.С. Джаманбаева Южного отделения Национальной академии наук Кыргызской Республики, Ош, e-mail: ipr09@rambler.ru, arziev1949@mail.ru;

[2]Ошский технологический университет), Ош, e-mail: shamshiev@list.ru;

[3]Кыргызская опытная станция по хлопководству Кыргызского аграрного университета, Ошская область, сельская управа Жоош, e-mail: ipr09@rambler.ru

Листовая подкормка за последние несколько десятилетий в мировой агрономической практике – стала общепринятой. Главное ее преимущество – быстрая доставка питательных веществ для растений в критические периоды их развития. Большая часть исследований по листовой подкормке растений были проведены с минеральными удобрениями типа азотных, фосфорных, калийных и др. В свою очередь, влияние гуминовых стимуляторов роста растений – гуматов и гуминовых удобрений – на листовую подкормку растений изучено недостаточно. Исходя из этого, были изучены влияние гумино-минеральных удобрений (ГМУ) «Береке» (гумат натрия обогащенный азотным удобрением и микроэлементами) на листовую подкормку яблонь. Для опыта были использованы яблони сорта «Старкрымсон». Листовая подкормка яблонь проводилась методом опрыскивания. Опрыскивание проводилось водным раствором ГМУ «Береке» 30 мл, 40 мл и 50 мл на 10 л воды. Было изучено влияние листовой подкормки яблонь сорта «Старкрымсон» на его следующие характеристики: длина окружности ствола; длина годичных побегов и их диаметр; процент цветущих плодовых сумок и самих плодовых сумок; урожай плодов; процент высококачественных плодов и их средний вес. Было установлено, что листовая подкормка с ГМУ положительно влияет на рост, развитие и урожайность яблони по сравнению с контрольным вариантом (корневая подкормка). Показано, что под действием ГМУ увеличение длины годичных побегов яблони в соответствии с вариантом составляют от 18,54 % до 24,94 %, а процент цветущих плодовых сумок в 1,14 и 1,63 раза выше по сравнению с контрольным вариантом. Установлено, что под действием ГМУ средний вес плодов яблони увеличивается от 125,85 г до 130,25 г против контроля равного 122,09 г.

Ключевые слова: гумино-минеральные удобрения, листовая подкормка, рост, развитие и урожайность яблони

APPLICATION OF HUMIC-MINERAL FERTILIZER «BEREKE» AT LEAF DRESSING OF AN APPLE-TREE OF THE SORT «STARKRYMSON»

[1]Arziev Zh.A., [2]Shamshiev B.N., [3]Borubaev S.A., [3]Bostonbaev M.A.

[1]Institute of natural resources of A.S. Dzhamanbaev of Southern branch of National academy of sciences of the Kyrgyz Republic, Osh, e-mail: ipr09@rambler.ru, arziev1949@mail.ru;

[2]Osh Technological University, Osh, e-mail: shamshiev@list.ru;

[3]The Kyrgyz experimental station on cotton growing, of the Kyrgyz Agrarian University, Osh region, Joosh village council, e-mail: ipr09@rambler.ru

Leaf dressing for the last some decades in world agronomical practice became common. Its main advantage is fast delivery of nutrients during the critical periods of plant progress. The most part of researches on leaf dressing of plants have been carried outwith mineral fertilizers like nitric, phosphoric, potash, etc. In turn,the influences humicauxesis of plants – humates and humic fertilizers on leaf dressing of plants are studied insufficiently. Hence, influence of humic-mineral fertilizers (ГМУ) «Bereke» on apple-trees is studied at leaf dressing (humate of sodium dressed with nitric fertilizers and microcells) have been studied .For experimenting apple-trees «starkrymson» have been used. Leaf dressing of apple-trees was carried out by a spraying method. Spraying was carried out by water solution of humic mineral fertilizer «Bereke» where 30ml, 40ml and 50ml equal to 10l of water. Influences of leaf dressing of apple-trees «Starkrymson» on its following characteristics have been studied: length of a circle of a trunk; length of annual shoot and their diameter; percent of blossoming fruit ascus and fruit ascus; productivity of fruits; percent of high-quality fruits and their average weight. It has been established, that leaf dressing with humic-mineral fertilizers positively influences on growth, progress and productivity of an apple-tree in comparison with a control variant (root top dressing). It is shown, that under the influence of humic-mineral fertilizer increase in length of annual sprout of an apple-tree in conformity to variants are from 18,54 % to 24,94 %, and percent of blossoming fruit ascus on as more as 1.14 and 1.63 in comparison with a control variant. It is established, that under the influence of humic-mineral fertilizer the average weight of fruits of an apple-tree increases from 125,85 gram to 130,25 gram against the control is 122,09 gram.

Keywords: humic-mineral fertilizers, leaf dressing, growth, progress and productivity of an apple-tree

Листовая подкормка за последние несколько десятилетий в мировой агрономической практике стала общепринятой. Главное ее преимущество – быстрая доставка питательных веществ в критические периоды развития растений [1–3].

Большая часть исследований по листовой подкормке растений были проведены с минеральными удобрениями типа азотных, фосфорных, калийных и др. [4–6]. В свою очередь влияние гуминовых стимуляторов роста растений – гуматов и гуминовых удобрений – на листовой подкормке растений изучено недостаточно.

Цель исследования: изучение эффективности действия гумино-минеральных удобрений «Береке» (гумат натрия, обогащенный азотным удобрением (аммиачная селитра) и микроэлементами) при листовой подкормке плодовых деревьев яблони сорта «Старкрымсон». В соответствии с целью изучений появилась необходимость решения следующих задач:

1. Изучить влияние гумино-минеральных удобрений «Береке» (далее ГМУ «Береке») на рост и развитие яблони.

2. Изучить влияние ГМУ «Береке» на урожайность яблони и качественных характеристик плодов яблони.

Материалы и методы исследования

Исследование проводилось в яблоневом саду Кыргызской опытной станции по хлопководству, Кыргызского аграрного университета (Карасуйский район Ошской области). Для опыта были использованы яблони сорта «Старкрымсон», посаженные в 1982 г. Опыт имел 4 варианта, каждый с 3-мя повторностями. Листовая подкормка яблонь проводилась методом опрыскивания. Опрыскивалась вся зеленая крона яблонь вместе со стволом. Опрыскивание проводились водным раствором ГМУ «Береке» 30 мл, 40 мл и 50 мл на 10 л воды. Схема проведения опытов представлена в табл. 1.

Кроме листовой подкормки все яблони опытных участков получали корневую подкормку азотными и фосфорными удобрениями путем внесения в приствольные круги. Доза азотных удобрений (аммиачная селитра), внесенных путем корневой подкормки составляла 0,25–0,6 кг и фосфорных (суперфосфат) 0,4–1,0 кг на одно дерева.

В результате проведенных исследований было изучено влияние листовой подкормки яблонь сорта «Старкрымсон» на его следующие характеристики: длина окружности ствола; длина годичных побегов и их диаметр; процент цветущих плодовых сумок и самих плодовых сумок; урожай плодов; процент высококачественных плодов и их средний вес.

Изменение окружности ствола производилось на высоте примерно 40 см от поверхности почвы. Изменение годичного прироста ветвей получали путем измерения длины и диметра ветвей, взятых произвольно с каждой из 4 сторон дерева.

Процент цветущих плодовых сумок исчислялся после обследования 500 сумок на каждом дереве.

Данные об урожае плодов получены путем подсчета всех снятых с дерева плодов с точностью до 5 кг. С каждого дерева снимали по 2 образца из 50 яблок, взятых произвольно, по которым определялись товарные качества плодов.

Листовая подкормка яблонь сорта «Старкрымсон» с применением ГМУ «Береке» за вегетационный период опытных исследований была проведена в следующие фазы и сроки: 1 – до набухания почек; 2 – перед цветением; 3 – в начале плодообразования.

Статистическая обработка результатов исследований проведена по методике полевого опыта [7].

Результаты исследования и их обсуждение

В табл. 2 приведены результаты исследований по изучению влияния различных доз ГМУ «Береке» на окружности ствола, длину годичных побегов и их диаметр при листовой подкормке яблонь сорта «Старкрымсон», проведенной в 2016 г.

В свою очередь, в табл. 3 приведены обобщенные результаты исследований по изучению влияния различных доз ГМУ «Береке» на окружности ствола, длину годичных побегов и их диаметр при листовой подкормке яблонь сорта «Старкрымсон», проведенной в 2016–2017 гг.

Как видно из табл. 3, под действием листовой подкормки длина годичных побегов яблонь при вариантах 2–4 дала рост от 26,85 см до 28,30 см против контрольного варианта 1 (корневая подкормка) равный 22,65 см. Таким образом, длина годичных побегов яблонь при варианте 2 превышает вариант 1 на 18,54 %. В свою очередь, вариант 4 превышает вариант 1 на 24,94 %.

Как видно из табл. 3, под действием листовой подкормки диаметр годичных побегов яблонь при вариантах 2–4 дала рост от 3,45 см до 3,65 см против контрольного варианта 1 (корневая подкормка) равный 3,25 см. Таким образом, диаметр годичных побегов яблонь при варианте 2 превышает вариант 1 на 6,15 %. В свою очередь, вариант 4 превышает вариант 1 на 12,30 %.

Таким же образом диаметр двухлетних побегов яблонь при вариантах 2 и 4 превышает контрольный вариант 1 соответственно 5,26 % и 10,52 %. В свою очередь диметр трехлетних побегов яблонь при вариантах 2 и 4 превышает контрольный вариант 1 соответственно 5,93 % и 23,72 %. Таким образом, листовая подкормка благоприятно воздействует на рост и развитие яблонь.

Результаты исследований по изучению влияния гумино-минеральных удобрений «Береке» на цветение и урожайные характеристики яблонь сорта «Старкрымсон» при листовой подкормке на основе исследований проведенных в 2017 г., приведены в табл. 4.

В свою очередь результаты обобщенных исследований по изучению влияния ГМУ «Береке» на цветение и урожайные характеристики яблонь сорта «Старкрымсон» при листовой подкормке на основе исследований, проведенных в 2016–2017 гг., приведены в табл. 5.

Таблица 1

Схема опыта

Варианты	Повторности		
	I	II	III
	Расход препарата на 10 л воды, мл		
1	контроль	30	40
2	30	40	50
3	40	50	контроль
4	50	контроль	30

Таблица 2

Влияние различных доз ГМУ «Береке» на длину окружности ствола (см), длину годичных побегов (см) и их диаметр (мм) яблонь сорта «Старкрымсон». Результаты опытных исследований, проведенных в 2016 г.

№ п/п	Показатели	Варианты			
		1	2	3	4
		Расход препарата на 10 л воды, мл			
		Контроль	30	40	50
1	Длина окружности ствола	67,3	63,3	68,2	69,3
2	Длина годичных побегов	23,2	27,3	27,5	28,8
3	Диаметр годичных побегов	3,3	3,5	3,5	3,7
4	Диаметр 2-летних побегов	4,8	5,1	5,1	5,4
5	Диаметр 3-летних побегов	5,9	6,8	6,9	7,4

Таблица 3

Влияние различных доз ГМУ «Береке» на длину окружности ствола (см), длину годичных побегов (см) и их диаметр (мм) яблонь сорта «Старкрымсон». Обобщенные результаты опытных исследований, проведенных в течение 2016–2017 гг.

№ п/п	Показатели	Варианты			
		1	2	3	4
		Расход препарата на 10 л воды, мл			
		Контроль	30	40	50
1	Длина окружности ствола	67,35	63,90	66,70	67,60
2	Длина годичных побегов	22,65	26,85	27,25	28,30
3	Диаметр годичных побегов	3,25	3,45	3,40	3,65
4	Диаметр 2-летних побегов	4,75	5,00	5,05	5,25
5	Диаметр 3-летних побегов	5,90	6,25	6,80	7,30

Таблица 4

Результаты исследований по изучению влияния гумино-минеральных удобрений «Береке» на цветение и урожайные характеристики яблонь сорта «Старкрымсон» при листовой подкормке. Результаты исследований, проведенных в 2017 г.

№ п/п	Показатели	Варианты			
		I	II	III	IV
		Расход препарата на 10 л воды, в мл			
		Контроль	30	40	50
1	Процент цветущих плодовых сумок	10,1	11,3	11,2	12,3
2	Процент плодовых сумок: С 1 яблоком С 2 яблоками С 3 яблоками	 45,2 7,3 2,1	 46,2 6,0 2,3	 46,3 6,1 2,3	 47,2 6,4 2,4
3	Урожай плодов на 1 дерево, кг	14,7	15,3	15,3	16,5
4	Процент высококачественных плодов	41,2	41,9	42,4	44,5
5	Средний вес плодов, г	120,1	122,4	124,3	130,0

Абсолютная $НСР_{05}$ = 0,68 кг. Относительная $НСР_{05}$ = 4,4 %.

Таблица 5

Обобщенные результаты исследований по изучению влияния гумино-минеральных удобрений «Береке» на цветение и урожайные характеристики яблонь сорта «Старкрымсон» при листовой подкормке. Результаты исследований, проведенных в 2016–2017 гг.

№ п/п	Показатели	Варианты			
		I	II	III	IV
		Расход препарата на 10 л воды, в мл			
		Контроль	30	40	50
1	Процент цветущих плодовых сумок	13,60	15,59	20,65	22,30
2	Процент плодовых сумок:				
	С 1 яблоком	67,20	65,10	64,20	65,30
	С2 яблоками	11,69	14,59	17,65	23,45
	С3 яблоками	2,35	3,00	3,10	6,20
3	Урожай плодов на 1 дерево, кг	28,70	29,20	29,40	30,39
4	Процент высококачественных плодов	62,50	63,50	66,00	67,75
5	Средний вес плодов, г	122,09	125,85	129,95	130,25

Абсолютная $НСР_{05}$ = 1,06 кг. Относительная $НСР_{05}$ = 3,6 %.

Как видно из табл. 5, процент цветущих плодовых сумок в вариантах 2 и 4 (листовая подкормка) соответственно составляет 15,59 % и 22,30 % по сравнению с контрольным вариантом 1, равным 13,60 %. Таким образом, процент цветущих плодовых сумок на 1,14 и 1,63 раза выше по сравнению контрольным вариантом.

Под действием листовой подкормки увеличивается процент плодовых сумок с 2 и 3 яблоками. Процент плодовых сумок с 2 яблоками при увеличении доз ГМУ «Береке» от 30 мл до 50 мл на 10 л воды (варианты 2–4) увеличивается от 14,59 % до 23,45 % против контрольного варианта (корневая подкормка), равного 11,69 %.

Таким образом, процент плодовых сумок с 2 яблоками в вариантах 2–4 (листовая подкормка) значительно выше по сравнению с контрольным вариантом 1 соответственно 1,24 и 2,00 раза. Аналогично процент плодовых сумок с 3 яблоками в вариантах 2–4 (листовая подкормка) тоже выше по сравнению с контрольным вариантом 1 соответственно 1,27 и 2,63 раза.

Листовая подкормка положительно воздействует на урожайные и качественные характеристики выращенной продукции. Как видно из табл. 5, под действием листовой подкормки урожай плодов с одного дерева увеличивается от 29,20 кг до 30,39 кг против контроля 1 (корневая подкормка), 28,70 кг. В свою очередь под действием листовой подкормки улучшается качество выращенной продукции.

Как видно из табл. 5, под действием листовой подкормки процент высококачественных плодов увеличивается от 63,50 % до 67,75 % против контроля (корневая подкормка), который составляет 62,50 %.

Под действием листовой подкормки увеличивается средний вес плодов. Под действием ГМУ «Береке» при листовой подкормке средний вес плодов яблони увеличивается от 125,85 г (вариант 2) до 130,25 г (вариант 4) против контроля 1 (корневая подкормка), 122,09 г.

Выводы

1. Проведено исследование по изучению эффективности действия гумино-минеральных удобрений (ГМУ) «Береке» на яблони сорта «Старкрымсон» методом листовой подкормки. Проведенные исследования показали, что ГМУ «Береке» положительно влияет на рост, развитие и урожайность яблони сорта «Старкрымсон».

2. Исследованиями установлено, что применение ГМУ «Береке» для яблонь сорта «Старкрымсон» с использованием метода листовой подкормки приводит к росту длину годичных побегов яблонь от 26,85 см до 28,30 см против контрольного варианта (корневая подкормка), равного 22,65 см. Таким образом, увеличение длины годовых побегов составляет от 18,54 % до 24,94 % против контрольного варианта.

3. Установлено, что листовая подкормка с помощью ГМУ «Береке» позволяет увеличить количество цветущих плодовых сумок яблонь от 15,59 % до 22,30 % против контрольного варианта (корневая подкормка), равного 13,60 %. Таким образом, процент цветущих плодовых сумок в 1,14 и 1,63 раза выше по сравнению с контрольным вариантом.

4. ГМУ «Береке» особенно благоприятно действует на процент плодовых сумок, содержащих 2 и более яблок. Например, увеличение процента плодовых сумок с 2 яблоками под действием ГМУ «Береке» увеличивается

от 14,59 % до 23,45,5 % против контрольного варианта, равного 11,69 %.

5. Листовая подкормка с помощью ГМУ «Береке» позволяет увеличить процент высококачественных плодов яблок от 63,50 % до 67,75 % против контрольного варианта, равного 62,50 %. При листовой подкормке с помощью ГМУ «Береке» увеличивается средний вес плодов от 125,85 г до 130,25 г против контрольного варианта, равного 122,09 г.

Список литературы

1. Гурьянова Ю.В. Влияние некорневых подкормок на урожай и качество яблок/ Ю.В. Гурьянова, В.В. Рязанова, Ю.О. Марченко // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2013. – № 4. – С. 19–21.

2. Сортовые особенности калийного питания яблони при некорневых питаниях / Е.В. Леончиева [и др.] // Садоводство и виноградарство. – 2015. – № 5. – С. 35–41.

3. Влияние некорневых подкормок на обеспеченность яблони фосфором и калием / Е.В. Леончиева, Т.А. Роева, Л.И. Леонтьева [и др.] // Современное садоводство – Contemporary horticulture: электронный журнал научно-практической направленности. – 2016. – № 4. – С. 53–61. URL: http://journal. vniispk.ru/pdf/2016/4/47.pdf дата обращения: 01.06.2018).

4. Трунов Ю.В. Некорневые подкормки как способ управления минеральным питанием яблони / Ю.В. Трунов, О.А. Грезнев // Проблемы экологизации современного .садоводство и пути их решения: материалы междунар. научно-прак. конф. (Краснодар, 7–10 сент. 2004 г.). – Краснодар: Изд-во Куб ГАУ, 2004. – С. 87–96.

5. Грезнев О.А. Эффективность системы некорневого минерального питания яблони в условиях ЦЧР: дис…. канд. сельхоз. наук. – Мичуринск, 2008. – 240 с.

6. Чумаков С.С. Особенности некорневого питания яблони в условиях Прикубанской зоны садоводства: дис…. канд. сельхоз. наук. – Краснодар, 2008. – 115 с.

7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

УДК 574.5

СТРУКТУРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ДОННОЙ ФАУНЫ В БАССЕЙНЕ ЕНИСЕЯ (ВЕРХНЕЕ И СРЕДНЕЕ ТЕЧЕНИЕ)

[1,2]Андрианова А.В.

[1]Институт вычислительного моделирования СО РАН, Красноярск, e-mail: andrav@icm.krasn.ru;
[2]НИИ Экологии рыбохозяйственных водоемов, Красноярск

Исследованы сообщества зообентоса в р. Енисей (от истока до устья р. Ангары) и его притоках (рр. Абакан, Мана, Кан, Агул, Кунгус). Все водотоки являются горными реками, в донной фауне которых преобладают литореофильные организмы, заселяющие каменистые грунты на большом течении. В зообентосе обнаружен 231 вид макробеспозвоночных, широко распространенных в Палеарктике и Голарктике. Доминирующие комплексы характеризовались изменчивостью по мере удаления от истоков рек. В р. Енисей видовой состав бентонтов расширялся от верховья к низовью. В верховье Енисея (республика Тыва) ядро донных сообществ представляли поденки, ручейники и хирономиды. На территории Республики Хакасия определяющим фактором для формирования структуры зообентоса являлось обилие фитоценозов, где абсолютными доминантами являлись байкальские амфиподы Gmelinoides fasciatus. В зообентосе Среднего Енисея (от плотины Красноярской ГЭС до устья р. Ангара) по сравнению с верховьем существенно возросла доля хирономид. В притоках видовой состав бентонтов разнообразнее, чем в Енисее; максимальным видовым богатством отличались рр. Мана и Кан. Донные сообщества в притоках Енисея представлены преимущественно хирономидами и поденками, в р. Кан численность дополняли ручейники. Трофический статус Верхнего Енисея, а также притоков Абакан и Агул соответствовал умеренному классу (α-мезо-трофный); р. Кунгус относится к среднему классу (β-мезотрофный); Средний Енисей вместе с притоками Мана и Кан характеризуется повышенной трофностью (α-евтрофный). Выявлена смена структурообразующих комплексов зообентоса в рр. Мана, Агул, Кунгус по сравнению с более ранними исследованиями.

Ключевые слова: Красноярский край, бассейн р. Енисей, водотоки, зообентос, таксономический состав, численность, биомасса, пространственная динамика

STRUCTURAL ORGANIZATION OF BOTTOM FAUNA IN THE YENISEY BASIN (UPSTREAM AND MIDSTREAM)

[1,2]Andrianova A.V.

[1]Institute of Computational Modelling of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Krasnoyarsk, e-mail: andrav@icm.krasn.ru;
[2]Scientific Research Institute of Ecology of Fishery Reservoirs, Krasnoyarsk

The zoobenthos communities in the river Yenisey (from the head to the mouth of the Angara River) and in its tributaries (rivers Abakan, Mana, Kan, Agul, Kungus) were investigated. All the watercourses are mountain rivers, in the bottom fauna of which lithoreophilic organisms, that inhabit stony soils on a large current, predominant. 231 species of macroinvertebrates, widely distributed in the Palearctic and the Holarctic, were found in the zoobenthos. Dominant complexes were characterized by variability as they moved away from the heads of the rivers. In the river Yenisey zoobenthos species composition expanded from the upper to the lower reaches. In the upper reaches of the Yenisey (Republic of Tuva), the core of the bottom communities was represented by mayflies, caddis flies and chironomids. In the territory of the Republic of Khakassia, the determining factor for the formation of the zoobenthos structure was the abundance of phytocenoses, where the Baikalian amphipods *Gmelinoides fasciatus* were absolute dominants. In the zoobenthos of the Middle Yenisey (from the dam of the Krasnoyarsk hydroelectric station to the mouth of the Angara River), the proportion of chironomids increased substantially in comparison with the upper reach. In tributaries the zoobenthos species composition is more diverse than in the Yenisey; the maximum species wealth was in the rivers Mana and Kan. Benthic communities in the tributaries of the Yenisey are represented mainly by chironomids and mayflies, Kan was supplemented by caddis flies. Trophic status of the river Yenisey in the upper reaches and of the tributaries Abakan and Agul was «Moderate» class (α-meso-trophic); the river Kungus belongs to the «Middle» class (β-mesotrophic); the Middle Yenisey together with the tributaries Mana and Kan is characterized by «Increased» trophicity (α-eutrophic). A change in the structure-forming complexes of the zoobenthos in the rivers Mana, Agul, Kungus was revealed, comparing to earlier studies.

Keywords: Krasnoyarsk region, the Yenisey basin, rivers, zoobenthos, taxonomic composition, abundance, biomass, spatial dynamics

Енисей – главная река Сибири – входит в число семи крупных рек мира и является наиболее полноводной рекой нашей страны. В результате широко развернувшегося гидростроительства бассейн Енисея превращен в каскад крупнейших в мире водохранилищ, что повлекло за собой коренное изменение гидрологического, гидрохимического и гидробиологического режимов. Кроме того, водотоки бассейна Енисея испытывают многогранную антропогенную нагрузку, получая широкий спектр загрязнений с промышленными, бытовыми и сельскохозяйственными стоками и подвергаясь техногенному морфогенезу в результате разработки месторождений. Происходящие экологические перестройки в сообществах гидробионтов требуют углубленного изучения и мониторинга, как для оценки наносимого экологического ущерба, так и для выработки научных основ стратегии преодоления негативных последствий и восстановления биологического потенциала бассейна Енисея.

Зообентос – один из важнейших элементов экосистем континентальных водоемов и водотоков. Донные беспозвоночные способствуют естественному самоочищению вод и являются хорошими индикаторами происходящих изменений внешней среды, в том числе и антропогенного характера. Кроме того, зообентос – важнейшая составляющая кормовой базы всех видов сибирских рыб (осетровых, сиговых, хариусовых, карповых и др.). Наиболее емкие сведения о сообществах донных беспозвоночных водотоков бассейна Енисея получены еще в середине прошлого столетия [1, 2]. Последующие исследования в полной мере не отражают представлений о современном состоянии зообентоса, поскольку носили фрагментарный характер, велись преимущественно в Енисее [3–5], в меньшей степени посвящены его притокам [6, 7]. В то же время развитие Сибири в новых социально-экономических условиях выдвигает требования более точных, современных и конкретных количественных сведений о биологических ресурсах. Проведенное исследование дополнит имеющиеся сведения современными данными о количественном распространении зообентоса в бассейне Енисея.

Материалы и методы исследования

Маршрутные биосъемки в Енисее и его притоках (рр. Абакан, Мана, Кан, Агул, Кунгус) проведены в августе – сентябре 2015 г. Для сбора гидробиологических проб намечены станции у каждого берега реки. В р. Енисей исследованы 3 участка: 1 – от г. Кызыла до г. Шагонар, 2 – от плотины Майнской ГЭС до г. Абакана, 3 – от плотины Красноярской ГЭС до устья р. Ангара. В притоках Енисея станции располагались на всем протяжении в зависимости от возможности доступа. Река Абакан в верховье труднодоступна, поэтому исследования вели лишь в среднем и нижнем течении. В Енисее было намечено 5 станций в верхнем течении (Республики Тыва и Хакасия) и 10 станций в среднем течении; в притоках Енисея – от 4 (р. Кунгус) до 10 (р. Мана) станций. Пробы зообентоса отбирали в рипали водотоков круговым скребком Дулькейта с площадью захвата 1/9 м^2 и бентометром с площадью захвата 1/16 м^2. Промывка проб осуществлялась через мельничный газ № 28, в полевых условиях организмы фиксировали 80% этиловым спиртом. В данном исследовании представлены результаты обработки 175 проб зообентоса.

Река Енисей протекает в центре России в меридиональном направлении на север, протяженность составляет 3487 км, площадь водосбора – 2580 тыс. км^2. По водному режиму Енисей принято делить на три участка:

1) Верхний Енисей – от г. Кызыла до устья р. Тубы;
2) Средний Енисей – до устья р. Ангары;
3) Нижний Енисей – до его устья.

Исследованные нами рр. Абакан, Мана и Кан являются притоками Енисея первого порядка, при этом Абакан впадает с левого берега, а Мана и Кан – с правого; р. Агул принимает воды р. Кунгус и впадает в р. Кан. Притоки Енисея относятся к большим рекам с длиной более 200 км, за исключением Кунгуса, попадающего в категорию средних рек протяженностью от 50 до 200 км. Водотоки берут начало на склонах Восточного Саяна, за исключением р. Абакан, верховье которой расположено на стыке Западного Саяна и Алтая. Верховья рек имеют горный характер с бурным течением до 2,5 м/с, каменистым дном, незначительным количеством плесов и ям, небольшой ширины, со средней глубиной до 1,5 м. В нижнем течении облик рек закономерно меняется, приобретая предгорные и равнинные черты: снижаются скорости течения (менее 1,0 м/с), увеличивается ширина и глубина русла, каменистые грунты сменяются на галечно-песчаные, появляются илистые отложения в заводях со спокойным течением. Лишь в р. Мана, несмотря на расширение долины в низовье, сохраняется быстрое течение.

Результаты исследования и их обсуждение

Исследованные водотоки бассейна р. Енисей являются горными реками, в донной фауне которых преобладают литореофильные организмы, заселяющие каменистые грунты на большом течении, при низких температурах воды и благоприятном кислородном режиме. В зообентосе обнаружен 231 вид и таксон более высокого ранга макробеспозвоночных, широко распространенных в Палеарктике и Голарктике. Широкий ареал распространения большинства отмеченных видов, вероятно, связан с преобладанием в таксономической структуре зообентоса гетеротопных животных (в частности, личинок хирономид, поденок, веснянок, ручейников и других насекомых), имеющих более широкие возможности для расселения в наземно-воздушной стадии развития [8]. Наибольшее количество видов (99) отмечено среди двукрылых насекомых, из них 82 – относится к семейству Chironomidae. Кроме того, выявлен богатый видовой состав личинок ручейников, поденок и веснянок – 41, 37 и 12 таксонов соответственно. Видовой состав олигохет включает 11 видов, амфипод – 6, остальные группы беспозвоночных (брюхоногие и двустворчатые моллюски, планарии, пиявки, стрекозы, вислокрылки, водяные клещи, жуки и клопы) представлены 1–5 таксонами.

В р. Енисей видовой состав бентонтов расширялся от верховья к низовью: на участке 1 выявлено 48 видов и таксонов более высокого ранга, на участке 2 – 53, на участке 3 – 69. При этом уменьшалось количество видов поденок, ручейников и веснянок (с 11–13 до 1–2), но увеличивалось количество видов олигохет (с 1 до 9) и особенно хирономид (с 13 до 38).

На участке 1 (от г. Кызыла до г. Шагонара) ядро донных сообществ представляли литореофильные виды поденок (доминировали *Epeorus гр. pellucidus, Ephemera sachalinensis* Matsumura), ручейников (*Ceratopsyche nevae* Kolenati*, Apatania zonella* (Zett.)) и хирономид (*Rheotanytarsus sp*.). Эти группы вносили по 38, 25 и 20 % общей численности соответственно; биомассу обуславливали поденки (50 %) и ручейники (31 %) (рис. 1).

На участке 2 (от плотины Майнской ГЭС до г. Абакана) определяющим фактором для формирования структуры зообентоса являлось обилие фитоценозов. В прибрежной зоне русла реки зарастаемость составляла примерно от 40 до 60 %, в мелководных протоках со слабым течением достигала 90 %. В донной фауне среди растений абсолютными доминантами (70 % численности) являлись амфиподы (рис. 1) *Gmelinoides fasciatus* (Stebbing), единично встречался *Philolimnogammarus viridis* (Dyb.). В других биоценозах первостепенное значение имели олигохеты и хирономиды. На галечных грунтах среди олигохет в массе развивались *Lumbriculus variegatus* O.F. Muller и *Stylodrilus heringianus* Claparede, в группе хирономид на лидирующие позиции вышли представители родов *Cricotopus* и *Orthocladius*, *Diamesa baicalensis* Tshernovskij, *Pagastia orientalis* (Tshern.). С увеличением заиленности грунта преимущество получили олигохеты *Tubifex tubifex* O.F. Muller и хирономиды *Tanytarsus pallidicornis* Walker, *Microtendipes pedellus* (De Geer).

На участке 3 (от плотины Красноярской ГЭС до устья р. Ангара) по сравнению с верховьем Енисея в зообентосе существенно возросла доля хирономид (рис. 1). Они обуславливали 58 % общей численности и 37 % биомассы, амфиподы добавляли 35 % и 47 % соответственно. При высоких скоростях течения доминировали *Micropsectra gr*. *praecox* и *P. orientalis*. На слабозаиленной гальке лидирующие позиции занимали ортокладиины: *Pseudodiamesa gr*. *nivosa* и представители родов Cricotopus и Orthocladius. Слабое течение и заиливание давали преимущество для подсемейства Chironominae: *Stictochironomus sp*., *Sergentia гр. longiventris*, *Polypedilum гр. nubeculosum*, *Chironomus sp.* и др. Видовой состав амфипод Среднего Енисея расширился за счет байкальских эндемиков: *Ph. cyaneus* Dybowsky, *Pallasea cancelloides* Gerstfeldt, *Eulimnogammarus verrucosus* Gerstfeldt. Повсеместно распространен по-прежнему *G. fasciatus*, достигающий наибольшей плотности на заиленных грунтах, спокойном течении и среди макрофитов; субдоминант *Ph. viridis*, напротив, предпочитает быстрое течение [9].

Количественное распределение донной фауны в Енисее (рис. 2) характеризовалось низкими показателями в верховье (612 экз/м^2 и 4,2 г/м^2) и высокими на участке 2 (5,5 тыс. экз/м^2 и 19,5 г/м^2). При этом увеличение плотности на участке 2 наблюдалось в фитофильных сообществах (18,0 ± 6,6 тыс.экз/м^2 и 38,4 ± ± 13,3 г/м^2) за счет обилия молоди амфипод; в остальных биоценозах численность составила 2,1 ± 0,4 тыс.экз/м^2, биомасса – 14,3 ± 2,4 г/м^2. В Среднем течении Енисея на участке 3 (от плотины Красноярской ГЭС до устья р. Ангары) количественные показатели донных сообществ (2,8 тыс. экз/м^2 и 10,5 г/м^2) вполне согласуются с более ранними исследованиями, проведенными нами в начале 2000-х гг. – 3,5 тыс. экз/м^2 и 10,8 г/м^2 [5].

В притоках видовой состав бентонтов оказался богаче, чем в Енисее. Наибольшее число видов выявлено в р. Мана (110), наименьшее – в р. Абакан (70); в рр. Кан, Агул и Кунгус – 103, 98 и 81 вид соответственно. Зообентос рек в среднем состоял из хирономид и поденок, которые в совокупности определяли от 54 (р. Кан) до 82 % (р. Агул) общей численности (рис. 2). В р. Кан 30 % численности дополняли ручейники. Вклад хирономид и поденок в общую биомассу в среднем составил 33 %, на лидирующие позиции в рр. Абакан и Агул вышли веснянки (более 50 %), а в рр. Мана и Кан – ручейники (более 40 %). Во всех исследованных водотоках доминирующие комплексы характеризовались изменчивостью в пространственном аспекте от верховья к низовью.

В р. *Абакан* лидерами являлись поденки *E. sachalinensis*, *Rhithrogena гр. lepnevae* и *Epeorus гр. pellucidus*. В группе хирономид явных доминантов не отмечено, лишь в верховье исследованного участка в приоритете были *Micropsectra curvicornis* Tshernovskij и *Stictochironomus sp*. Помимо поденок и хирономид в ядро биоценоза входят олигохеты *L. variegatus*, а основу биомассы зачастую составляют крупные двукрылые личинки *Atherix ibis* Fabricus, ручейники *Stenopsyche marmorata* Navas и веснянки *Pteronarcus reticulata* (Burmeister).

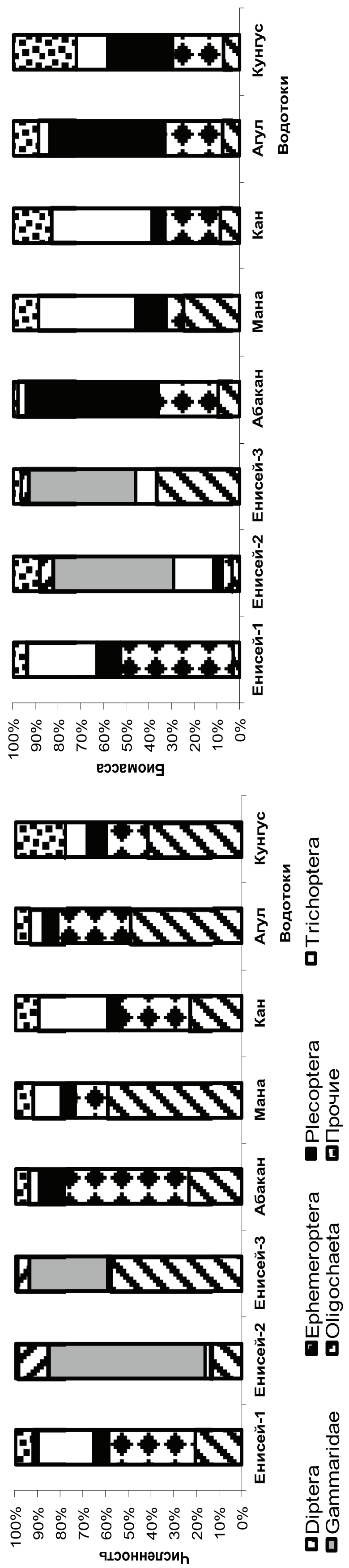


Рис. 1. Структурная организация зообентоса в р. Енисей и водотоках его бассейна

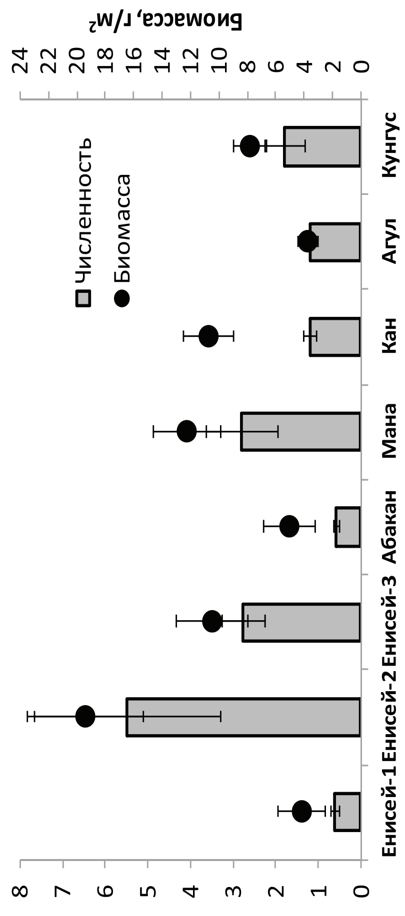


Рис. 2. Численность и биомасса зообентоса в р. Енисей и водотоках его бассейна

В р. *Мана* на верхнем участке преобладали поденки (*Ephemerella mucronata* (Bengtsson), *E. sachalinensis, Ephemerella aurivillii* (Bengtsson)*, Rh. гр. lepnevae*); биомассу составляли преимущественно ручейники (*Dicosmoecus palatus* (McLachlan)*, Rhyacophila гр. Hyporhyacophila, S. marmorata, Neophylax relictus* (Mart.)) и веснянки *P. reticulata*. В нижнем районе реки зообентос носил хирономидный характер, количественно преобладал *M. pedellus*. Кроме хирономид на лидирующие позиции однократно выходили водяные клопы, поденки *E. sachalinensis*, двукрылые *Anthocha vitripennis* Meigen, ручейники *Psychomyia sp.* и *Glossosoma sp*. Доминантами по биомассе по-прежнему являлись хирономиды, к ним эпизодически присоединялись ручейники (*S. marmorata, C. nevae, Sericostoma sp.*), веснянки (*P. reticulata, Arcynopteryx)* и поденки (*E. sachalinensis, Potamathus luteus* Linne, *Rh. гр. lepnevae*).

В верховье *р. Кан* преобладали поденки *Ephemerella lenoki* Tshernova, *Rh. гр. lepnevae* и хирономиды *M. pedellus*. Эпизодически отмечалось массовое развитие ручейников *Glossosoma sp.* и *C. nevae*, двукрылых *Anthocha* и хирономид из родов Cricotopus, Orthocladius. Биомассу чаще всего формировали крупные ручейники *S. marmorata*; иногда доминирующий комплекс дополняли веснянки (*P. reticulata* и *Kamimuria*), ручейники (*C. nevae* и *Arctopsyche ladogensis* Kolenati), поденки (*E. lenoki*, *Rh. гр. lepnevae*). В среднем и нижнем течении явное преимущество в развитии зафиксировано для поденок *E. sachalinensis*. Эпизодически лидирующие позиции занимали ручейники (*Sericostoma sp.*, *C. nevae*, *Setodes sp.*), поденки *Rh. гр. lepnevae*, олигохеты *L. variegatus* и род Limnodrilus, хирономиды *M. pedellus* и двукрылые *A. ibis*. Биомассу совместно с *E. sachalinensis* вносили *S. marmorata*, а так же брюхоногие моллюски Radix и Valvata.

В *р. Агул* повсеместно ядро доминирующего комплекса представляли поденки *E. гр. pellucidus* и *Rh. гр. lepnevae*. Они же составляли основу общей биомассы зообентоса, за исключением мест пребывания крупных веснянок *P. reticulata*. На заиленных песчано-галечных грунтах при снижении скорости течения развивались представители пелофильного хирономидного комплекса (*M. pedellus*, *Stictochironomus sp.*, *Polypedilum scalaenum* Schrank, *Chironomus sp.,* несколько видов танитарсин) и поденки *E. sachalinensis*.

Приток Агула – *р. Кунгус* характеризовался доминированием хирономид *M. pedellus* и поденок *E. sachalinensis*, эпизодически в приоритете были ручейники *Psychomyia sp.* и поденки *Cloeon sp.* Основную биомассу привносили крупные веснянки (*P. reticulata*), поденок (*E. sachalinensis*) и немногочисленные стрекозы *Ophiogomphus obscures* Bartenev.

Количественное распределение донной фауны в притоках Енисея носило неоднородный характер (рис. 2). Наименьшая численность (577 экз/м^2) зафиксирована в р. Абакан, относящейся к бассейну Верхнего Енисея. Максимальная численность (2,8 тыс. экз/м^2) характерна для р. Мана, впадающей в Енисей выше г. Красноярска (бассейн Среднего Енисея). В реке Кан, впадающей в Енисей ниже г. Красноярска, численность бентоса сопоставима с его притоками Агулом и Кунгусом (1,2–1,9 тыс. экз/м^2). Распределение биомассы в исследованных водотоках зависело от таксономической структуры донных сообществ. Максимальные значения (10,1 и 12,3 г/м^2) выявлены в реках Среднего Енисея – Мана и Кан, и связаны с доминированием ручейников. В рр. Абакан, Агул и Кунгус общая биомасса ниже, но при этом доля веснянок выше (рис. 1, 2).

Трофический статус р. Енисей в верхнем течении, а также притоков Абакан и Агул соответствовал умеренному классу (α-мезо-трофный); р. Кунгус относится к среднему классу (β-мезотрофный); р. Енисей в среднем течении вместе с притоками Мана и Кан характеризуется повышенной трофностью (α-евтрофный).

В литературе наблюдается существенный пробел по гидробиологическим исследованиям в енисейских притоках. Более ранние емкие сведения о зообентосе р. Мана относятся к периоду 1966–1969 гг., когда на реке непрерывно продолжался сплав леса [2]. В то время общая биомасса бентоса оценивалась 7,6 г/м^2, при этом наибольшую долю (40 %) вносили хирономиды, второе место (16 %) занимали поденки. В настоящее время общая биомасса бентоса увеличилась до 10 г/м^2; первостепенную роль играют ручейники, на вторых ролях – хирономиды и другие двукрылые.

В р. Агул современные данные по биомассе зообентоса (около 4 г/м^2) согласуются с исследованиями в 2003 г. (5 г/м^2) [6]. Однако в настоящее время наблюдается увеличение численности от 0,5 до 1,2 тыс. экз/м^2 за счет личинок хирономид, которые раньше не выходили на лидирующие позиции, а сейчас составляют около 50 %. При этом доля поденок снизилась с 70 % до 30 % в настоящее время. Аналогичная смена структурообразующего комплекса наблюдается и в притоке Агула – р. Кунгусе. В 2003 г.

по численности доминировали поденки (до 57%), по биомассе – ручейники (до 70%). В настоящее время 41% численности обусловлен хирономидами и лишь 19% – поденками; по биомассе доля ручейников снизилась до 14%, а первостепенное значение приобрели крупные виды веснянок, поденок и стрекоз. При этом общая численность бентоса увеличилась вдвое (с 0,8 до 1,8 тыс. экз/м^2), но биомасса немного снизилась (с 10,5 до 7,9 г/м^2).

Заключение

Исследованные водотоки бассейна р. Енисей являются горными реками, в донной фауне которых преобладают литореофильные организмы. В зообентосе обнаружен 231 вид и таксон более высокого ранга, широко распространенные в Палеарктике и Голарктике. В таксономической структуре преобладали гетеротопные животные (личинки хирономид, поденок, веснянок, ручейников). Наибольшим видовым богатством (более 100 видов) отличались рр. Мана и Кан. Река Енисей характеризовалась бедным видовым составом, в котором число таксонов увеличивалось от верховья (48) к устью Ангары (69). Структурообразующие комплексы в исследованных водотоках имели некоторые отличия. В Енисее в пределах республики Тыва преобладали поденки, ручейники и хирономиды. В пределах республики Хакасия широко распространены фитофильные биоценозы, массово заселенные амфиподой *G. fasciatus*. На участке Енисея от плотины Красноярской ГЭС до устья Ангары доминировали хирономиды и амфиподы. Донные сообщества в притоках Енисея представлены преимущественно хирономидами и поденками, в р. Кан численность дополняли ручейники. Трофический статус Верхнего Енисея, а также притоков Абакан и Агул соответствовал умеренному классу (α-мезо-трофный); р. Кунгус относится к среднему классу (β-мезотрофный); Средний Енисей вместе с притоками Мана и Кан характеризуется повышенной трофностью (α-евтрофный). Выявлена смена структурообразующих комплексов зообентоса в рр. Мана, Агул, Кунгус по сравнению с более ранними исследованиями.

Список литературы

1. Грезе В.Н. Кормовые ресурсы рыб Енисея и их использование / В.Н. Грезе. – М.: Пищепромиздат, 1957. – Т. 41. – 236 с.

2. Запекина-Дулькейт Ю.И. Производительность донной фауны р. Маны и ее изменение в связи с лесосплавом / Ю.И. Запекина-Дулькейт // Вопросы изучения гидрофауны водоемов верхнего Енисея. – Красноярск: Кр. книжн. изд-во, 1972. – Вып. IX. – С. 5–106.

3. Гадинов А.Н. Экологическое состояние фаунистического комплекса водотока р. Енисей под влиянием зарегулирования: автореф. дис. … канд. биол. наук. – Новосибирск, 2009. – 20 с.

4. Зуев И.В. Питание хариуса Thymallus sp. в среднем течении р. Енисей / И.В. Зуев, Е.М. Семенова, С.П. Шулепина, К.А. Резник, Е.А. Трофимова, Е.Н. Шадрин, Т.А. Зотина // Журнал СФУ. Биология. – 2011. – Т. 4, № 3. – С. 281–292.

5. Андрианова А.В. Динамика развития енисейского зообентоса в нижнем бьефе Красноярской ГЭС / А.В. Андрианова // Вестник ТГУ. Биология. – 2013. – № 1 (21). – С.74–88. DOI: 10.17223/19988591/21/6.

6. Заделенов В.А. Современное состояние водных биологических ресурсов водотоков Ирбейского района (рр. Агул, Кунгус) / В.А. Заделенов, Е.Н. Шадрин, Л.А. Щур // Проблемы использования и охраны природных ресурсов Центральной Сибири. – Красноярск: КНИИГиМС, 2004. – Вып. 6. – С. 48–57.

7. Калачёва Г.С. Продукция полиненасыщенных жирных кислот зообентосом в реках с разной температурой воды / Г.С. Калачёва, М.И. Гладышев, Н.Н. Сущик, О.П. Дубовская, С.П. Шулепина, А.В. Агеев // ДАН. – 2013. – Т. 453, № 5. – С. 567–570. DOI: 10.7868/S0869565213350247.

8. Яныгина Л.В., Крылова Е.Н. Зообентос высокогорных водоемов бассейна Телецкого озера / Л.В. Яныгина, Е.Н. Крылова // Мир науки, культуры, образования. – 2008. – № 4. – С. 18–20.

9. Andrianova A.V., Yakubaylik O.E. Geospatial Database for the Analysis of Invasive Process of the Baikal Endemic Crustacean in Yenisei River. CEUR Workshop Proceedings, 2017, vol. 2033, pp. 237–241. URL: http://ceur-ws.org/Vol-2033/46_paper.pdf (дата обращения: 17.05.2018).

УДК 336.64

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФИНАНСОВОЙ ОТЧЕТНОСТИ И РЕЗУЛЬТАТОВ ЕЕ АНАЛИЗА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ ЭНЕРГОСБЫТОВОЙ КОМПАНИИ

Демонова Т.И.

ФГБОУ ВПО «Владивостокский государственный университет экономики и сервиса», Владивосток, e-mail: tatyana.dem0878@mail.ru

Статья посвящена развитию подходов к использованию финансовой отчетности и результатов ее анализа для управления деятельностью энергосбытовой компании. Рассмотрены ключевые направления использования финансовой отчетности и результатов ее анализа в процессе управления энергосбытовой компанией. Установлено, что стратегическими направлениями развития для энергосбытовой компании являются получение (сохранение) статуса гарантирующего поставщика энергии и получение (сохранение) лицензии на осуществление энергосбытовой деятельности. Сегодня регулирование энергосбытовой деятельности представляется достаточно сложным. Помимо уже существующего сегодня порядка получения (сохранения) статуса Гарантирующего поставщика электроэнергии, Правительством РФ в настоящее время подготовлен законопроект о введении лицензирования энергосбытовой деятельности. Данный законопроект уже претерпел множество редакций, но до сих пор обсуждается в профессиональных кругах по широкому кругу вопросов, в том числе связанных с показателями оценки финансового состояния и платежной дисциплины энергосбытовой компании – соискателя лицензии на энергосбытовую деятельность. Введение дополнительного инструмента регулирования отрасли в виде лицензирования позволяет говорить о существенном повышении роли финансовой отчетности и результатов ее анализа в процессе управления энергосбытовой компанией. Исследование выполнено на основе финансовой отчетности энергосбытовой компании, являющейся гарантирующим поставщиком электроэнергии для населения и предприятий II неценовой зоны оптового рынка электроэнергии. В ходе исследования проведены расчеты показателей, позволяющие оценить способность энергосбытовой копании выполнять требования действующего законодательства и рассматриваемого законопроекта о лицензировании энергосбытовой деятельности.

Ключевые слова: электроэнергия, энергосбытовая компания, финансовая отчетность, финансовое состояние, финансовая дисциплина, лицензирование, информационная система

THE USE OF THE FINANCIAL STATEMENTS AND THE RESULTS OF ITS ANALYSIS TO MANAGE OF THE ENERGY RETAIL COMPANY

Demonova T.I.

Vladivostok State University of Economics and Service, Vladivostok, e-mail: tatyana.dem0878@mail.ru

The article is devoted to the development of approaches to the use of financial statements and the results of its analysis to manage the activities of an energy company. The key directions of use of financial statements and results of its analysis in the process of management of the energy retail company are considered. It is established that strategic directions of development for the power supply company are obtaining (preservation) the status of the guaranteeing supplier of energy and obtaining (preservation) of the license for implementation of power supply activity. Today the regulation of energy sales activity seems to be quite difficult. In addition to the current procedure for obtaining (preserving) the status of a Guaranteeing supplier of electricity, the Russian Government has now prepared a draft law on the introduction of licensing of energy sales activities. This bill has already undergone many revisions, but is still being discussed in professional circles on a wide range of issues, including connected with indicators of an assessment of a financial condition and payment discipline of the energy retail company – the applicant of the license for power sales activity. The introduction of an additional instrument of regulation of the industry in the form of licensing, suggests a significant increase in the role of financial statements and the results of its analysis in the management of an energy sales company. The study is based on the financial statements of the energy retail company, which is a guaranteeing supplier of electricity to the population and enterprises of the II non-price zone of the wholesale electricity market. In the study, the calculations of the indicators for assessing the ability of energy companies to comply with the requirements of current legislation and of the draft law on licensing of energy activities.

Keywords: electricity, energy retail company, financial statements, financial condition, financial discipline, licensing, information system

Сегодня регулирование энергосбытовой деятельности представляется достаточно сложным. Помимо уже существующего сегодня порядка получения (сохранения) статуса Гарантирующего поставщика электроэнергии [1], Правительством РФ в настоящее время подготовлен законопроект о введении лицензирования энергосбытовой деятельности. Данный законопроект уже претерпел множество редакций, но до сих пор обсуждается в профессиональных кругах по широкому кругу вопросов, в том числе связанных с показателями оценки финансового состояния и платежной дисциплины энергосбытовой компании – будущего соискателя лицензии на энергосбытовую деятельность.

Введение дополнительного инструмента регулирования энергосбытовой деятельности в виде лицензирования позволяет говорить о существенном повышении роли финансовой отчетности и результатов ее анализа в процессе управления энергосбытовой компанией.

В недалеком будущем, а получение лицензии необходимо осуществить до конца 2018 г., перед энергосбытовой компанией – Гарантирующим поставщиком энергии – будет повышаться актуальность вопросов, связанных с совершенствованием системы информационного обеспечения процессов управления энергосбытовой компанией на основе анализа финансовой отчетности.

Цель исследования: совершенствование системы информационного обеспечения процессов управления энергосбытовой компанией на основе анализа финансовой отчетности. Объект исследования – финансовая отчетность и показатели, характеризующие финансовое состояние и финансовую дисциплину ПАО «Дальневосточная энергетическая компания», которое является энергосбытовой компанией, Гарантирующим поставщиком энергии для населения и предприятий II неценовой зоны оптового рынка электроэнергии. Предметом исследования являются теоретические и методические проблемы подготовки и проведения анализа финансовой отчетности, использования результатов для управления деятельностью энергосбытовой компании.

Материалы и методы исследования

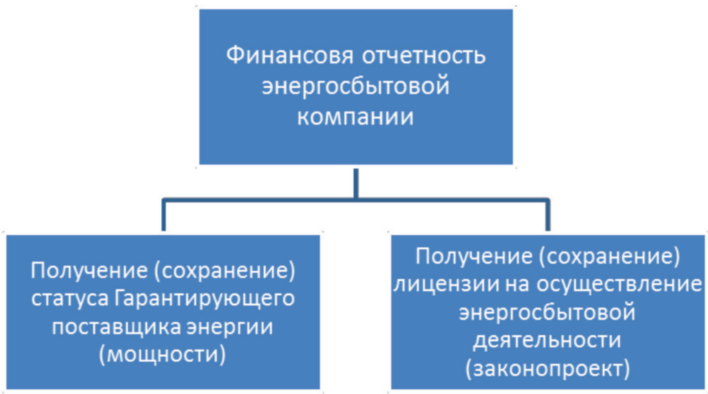
Исследование выполнено на базе проекта поправок к ФЗ «Об электроэнергетике» в части порядка введения лицензирования энергосбытовой деятельности, представленного на обсуждение общественности и профессиональных кругов. Предлагаемые поправки и их влияние на получение лицензии на осуществление энергосбытовой деятельности рассматриваются на базе финансовой отчетности энергосбытовой компании – ПАО «Дальневосточная энергетическая компания (ПАО «ДЭК»), которое является Гарантирующим поставщиком электроэнергии для населения и предприятий II неценовой зоны оптового рынка электроэнергии.

Методическую базу исследования составили общенаучные методы исследования: анализа и синтеза, моделирования, системного подхода, а также методы финансового анализа.

Результаты исследования и их обсуждение

Существующий порядок получения энергосбытовой компанией статуса Гарантирующего поставщика энергии (мощности) подразумевает его получение на конкурсной основе. Такой конкурс проводится Минэнерго России в порядке, установленном разделом XI Основных положений функционирования розничных рынков электрической энергии [1]. Участие в конкурсе Минэнерго России предполагает наличие статуса субъекта ОРЭМ. Если говорить об энергосбытовой деятельности, то необходимо соответствовать количественным и техническим характеристикам, указанным в п. 23 Правил оптового рынка электрической энергии и мощности, а функцию гарантирующего поставщика может выполнять только одно юридическое лицо [2].

Регулирование деятельности гарантирующих поставщиков на РРЭМ и субъектов ОРЭМ предполагает достаточное количество форм контроля и критериев деятельности этих энергосбытовых компаний. Так, в настоящее время Гарантирующий поставщик в том числе обязан поддерживать показатели финансового состояния на уровне, установленном согласно приложению № 1 к Основным положениям функционирования розничных рынков электрической энергии. Таким образом, для энергосбытовых компаний является важным выполнение ряда показателей подтверждения платежеспособности для сохранения статуса Гарантирующего поставщика энергии (мощности) на территории своего присутствия (рисунок).



Ключевые направления использования финансовой отчетности и результатов ее анализа в процессе управления энергосбытовой компанией

Таблица 1

Показатели ПАО «ДЭК» как Гарантирующего поставщика

Показатели	Рекомендуемое значение	Предельный показатель	Факт на 31.12.2017 г. (4 квартал 2017)
Оборачиваемость кредиторской задолженности, в днях	не более 35 дней	не более 40 дней	18
Доля просроченной кредиторской задолженности в общей величине кредиторской задолженности, в%	не более 7%	не более 15%	8%
Лимит долгового покрытия	(В-Н)/4> = КЗК	(В-Н)/2> = КЗК	Выполнен

Рассмотрим основные показатели финансового состояния ПАО «ДЭК» – Гарантирующего поставщика на основе раскрытой финансовой отчетности за 2017 г. [3] (табл. 1).

Выполненный расчет показывает, что по состоянию на 31.12.2017 г. финансовые показатели ПАО «ДЭК» как Гарантирующего поставщика в соответствии с методикой расчета выполняются по установленным критериям оценки.

В настоящее время Правительством Российской Федерации в Государственную Думу внесен законопроект, предполагающий введение лицензирования для осуществления энергосбытовой деятельности. Статьей 1 рассматриваемого законопроекта вносятся изменения в ФЗ «Об электроэнергетике» [3]. Закон указывает на те виды деятельности, которые будут подвергнуты лицензированию. В частности, предполагается выдавать следующие лицензии:

а) лицензия на осуществление энергосбытовой деятельности гарантирующим поставщиком, энергосбытовой организацией на территориях, которые объединены в ценовые зоны оптового рынка;

б) лицензия на осуществление энергосбытовой деятельности гарантирующим поставщиком, энергосбытовой организацией на территориях неценовых зон оптового рынка;

в) лицензия на осуществление энергосбытовой деятельности гарантирующим поставщиком, энергосбытовой организацией на территориях, технологическое соединение которых с Единой энергетической системой России отсутствует;

г) лицензия на осуществление энергосбытовой деятельности территориальными сетевыми организациями в целях исполнения функций гарантирующего поставщика.

Статья 2 ФЗ «О лицензировании» [4] указывает, что лицензирование отдельных видов деятельности осуществляется в целях предотвращения ущерба правам, законным интересам, жизни или здоровью граждан, окружающей среде, объектам культурного наследия народов Российской Федерации, обороне и безопасности государства, возможность нанесения которого связана с осуществлением юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями отдельных видов деятельности. Осуществление лицензирования отдельных видов деятельности в иных целях не допускается.

Законопроект разработан в целях стимулирования энергосбытовых организаций и гарантирующих поставщиков к повышению качества их деятельности, в том числе к надлежащему исполнению своих обязанностей по оплате электрической энергии и мощности. Таким образом, в законопроекте указаны две равнозначные цели – это повышение качества энергоснабжающей деятельности и повышение платежной дисциплины. Помимо комплекта прочих документов, указанных в проекте нормативного акта, соискатель лицензии должен предоставить информацию о финансовом состоянии и финансовой дисциплине, подготовленной основе своей финансовой отчетности.

Таким образом, введение процедуры лицензирования требует от энергосбытовых компаний проведение подготовительной работы для получения такой лицензии до конца 2018 г. Показатели, на основе которых будет оцениваться финансовое состояние и финансовая дисциплина соискателя лицензии (в последней редакции законопроекта от 23.03.2018), протестированы на примере ПАО «ДЭК» [5] и приведены в табл. 2.

Выполненный расчет показателей по методике, приведенной в рассматриваемой редакции законопроекта, показывает, что у ПАО «ДЭК» не выполняется показатель 5. Краткосрочный долг/EBITDA соискателя лицензии, лицензиата, который имеет отрицательное значение вследствие убытка, полученного по итогам 2017 г.

Таблица 2

Показатели ПАО «ДЭК» как соискателя лицензии
на осуществление энергосбытовой деятельности

Показатель финансового состояния и финансовой дисциплины		Норматив	Факт на 31.12.2017 г.	Отметка о выполнении
ОКЗУ	1. Оборачиваемость кредиторской задолженности соискателя лицензии, лицензиата по оплате услуг по передаче электрической энергии	не более 75 дней	28	Выполняется
ОДЗПЭ	2. Оборачиваемость дебиторской задолженности потребителей электрической энергии (мощности), обслуживаемых соискателем лицензии, лицензиатом	не более 75 дней	27	Выполняется
ОКЗО	3. Оборачиваемость общей кредиторской задолженности соискателя лицензии, лицензиата	не более 75 дней	23	Выполняется
ДПКЗ	4. Доля просроченной кредиторской задолженности соискателя лицензии, лицензиата в общей кредиторской задолженности соискателя лицензии, лицензиата	не более 50%	8%	Выполняется
ДН	5. Краткосрочный долг/EBITDA соискателя лицензии, лицензиата	Не менее 0 и не более 6	–2,51	Не выполняется
РННИД	6. Риск нецелевого использования соискателем лицензии, лицензиатом денежных средств за счет недопустимой инвестиционной деятельности	0	0	Выполняется
РНИКР	7. Риск нецелевого использования соискателем лицензии, лицензиатом денежных средств за счет инвестиционной деятельности, связанной с покрытием кассовых разрывов	Не более 30% от балансовой стоимости активов (строка 1600 бухгалтерского баланса)	0,45%	Выполняется
РНИФД	8. Риск нецелевого использования соискателем лицензии, лицензиатом денежных средств за счет прочей инвестиционной и финансовой деятельности	Не более суммы, исчисляемой как разница между величиной собственного капитала на конец отчетного периода (строка 1300 бухгалтерского баланса) и суммы величины собственного капитала на начало отчетного периода и выплаченных в течение отчетного периода в соответствии с законодательством РФ дивидендов	0	Выполняется

При этом предложенная авторами законопроекта методика расчета показателей не дает четких разъяснений о порядке действия в данном случае, а лишь отсылает к пункту, который говорит, что «невыполнение показателя является грубым нарушением», при этом давая право комиссионным решением выдать соискателю лицензии заключение «о возникновении указанных отклонений по независящим от лицензиата обстоятельствам».

Следует отметить, что в энергетической отрасли и, в частности, в энергосбытовой деятельности много компаний будет сталкиваться с возникновением такого рода нестыковок [6]. Этими факторами могут быть: получение убытков в отдельных отчетных периодах, в том числе связанных с явно выраженным отраслевым фактором сезонности, так и другие (отражение результатов не всегда прибыльных сделок в ходе слияния, поглощения, реструктуризации, выбытия активов, необходимости проведения выкупа акций и др.). В этой ситуации считаем, что выбор законодателем индикаторов для оценки финансового состояния и финансовой дисциплины должен быть ориентирован на принцип выполнимости показателей с учетом специфики деятельности и структуры баланса энергосбытовых компаний, а также допускать возможность принятия показателя, в случае его невыполнения по независящим от лицензиата обстоятельствам.

Выводы

Рассмотрев ключевые направления использования финансовой отчетности и результатов ее анализа в процессе управления энергосбытовой компанией, можно сделать следующие выводы:

1. Потенциал устойчивого долгосрочного развития энергосбытовой компании напрямую зависит от соблюдения ею условий, позволяющих обеспечивать такую деятельность, а именно – получение (сохранение) статуса Гарантирующего поставщика энергии (мощности), получение (сохранение) лицензии на осуществление энергосбытовой деятельности.

2. Для выстраивания системы управления энергосбытовой компанией одним из ключевых направлений являются совершенствование процессов и методов планирования, прогнозирования, бюджетирования и проч., на базе которых компания имеет возможность сформировать план (прогноз) финансовой отчетности, выполнить анализ финансового состояния компании на предмет соответствия показателей платежеспособности и финансовой дисциплины требованиям законодательства в текущем и будущих периодах, своевременно диагностировать и нивелировать риски [7].

3. Принятие управленческих решений по получению (сохранению) статуса Гарантирующего поставщика и получению (сохранению) лицензии на осуществление энергосбытовой деятельности должны ориентировать на выработку и совершенствование системы информационного обеспечения процессов диагностики, анализа, управления и контроля платежеспособности и финансовой дисциплины энергосбытовой компании.

Список литературы

1. Постановление Правительства РФ от 04.05.2012 № 442 (ред. от 30.12.2017) «О функционировании розничных рынков электрической энергии, полном и (или) частичном ограничении режима потребления электрической энергии» (вместе с «Основными положениями функционирования розничных рынков электрической энергии», «Правилами полного и (или) частичного ограничения режима потребления электрической энергии») [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_130498 (дата обращения: 17.05.2018).

2. Постановление Правительства РФ от 27.12.2010 № 1172 (ред. от 28.07.2017) «Об утверждении Правил оптового рынка электрической энергии и мощности и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации по вопросам организации функционирования оптового рынка электрической энергии и мощности» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.08.2017) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_112537 (дата обращения: 17.05.2018).

3. Федеральный закон от 26.03.2003 № 35-ФЗ (ред. от 29.12.2017) «Об электроэнергетике» / Российская газета, № 60, 01.04.2003.

4. Федеральный закон от 04.05.2011 № 99-ФЗ (ред. от 31.12.2017) «О лицензировании отдельных видов деятельности» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2018) / Российская газета, № 97, 06.05.2011.

5. Официальный сайт ПАО «ДЭК» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.dvec.ru/stockholder/financial_statements/rsbu/files/rsbu_2017.pdf (дата обращения: 17.05.2018).

6. Линченко Н. О целях лицензирования энергосбытовой деятельности / Н. Линченко // ЭнергоРынок. – 2017. – № 5 (150): Июнь. – С. 31–33.

7. Финансовое управление развитием экономических систем: монография. Книга 14 / М.М. Брутян, Е.Э. Головчанская, В.В. Завадская [и др.] / Под общ. ред. С.С. Чернова. – Новосибирск: Изд-во ЦРНС, 2015. – 188 с.

УДК 75.04:7.067

АНАЛИЗ СТОИМОСТИ ПОЛОТЕН ИМПРЕССИОНИСТОВ НА МИРОВЫХ АУКЦИОНАХ

Амиржанова А.Ш., Черныш И.С.

ФГБОУ ВО «Омский государственный технический университет», Омск,
e-mail: aina71@bk.ru, chernyish.igor@gmail.com

Данная статья посвящена анализу ценообразования живописных полотен художников-импрессионистов на мировых аукционах. Приведены некоторые отличительные особенности импрессионизма, а именно: техника письма, которая позволяла не смешивать краски на палитре, передача света и цвета.позволяющие передать материальные предметы в сложном взаимодействии со световоздушной средой. Эти основные особенности импрессионизма отличают его от других художественных течений. Авторами представлено определение понятия «аукцион» и его взаимодействие с понятием «ценообразование». Описаны основные параметры, влияющие на ценообразование произведений искусства. Все результаты проведенных анализов, представлены в схемах и диаграммах, которые дают четкое представление о соотношении начальной стоимости произведений на аукционе со стоимостью продажи после торгов, о соотношении стоимости произведений искусства одного автора, проданных на аукционе в один год, и о графике и динамике продаж полотен художников-импрессионистов. В ходе проведенного теоретического исследования был установлен факт о том, что причиной популярности и высокой стоимости полотен художников-импрессионистов является: уникальность техники письма, ярко выраженный стиль авторов, скандальность и уникальная история, присущая как отдельному полотну, так и художнику в целом. В заключение авторы считают: так как произведения художников-импрессионистов представляют эстетическую ценность для культуры и искусства в целом, то имеют определенную структуру ценообразования, абсолютно противоречащую экономической системе определения цены и за последние пятнадцать лет обрели особую популярность, а их стоимость с каждым годом возрастает.

Ключевые слова: аукцион, ценообразование, восприятие, красочный слой, жанр

ANALYSIS OF THE VALUE OF IMPRESSIONIST GATES ON WORLD AUCTIONS

Amirzhanova A.Sh., Chernysh I.S.

Omsk State Technical University, Omsk, e-mail: aina71@bk.ru, chernyish.igor@gmail.com

This article is devoted to the analysis of pricing of paintings by Impressionist painters at world auctions. Some distinctive features of impressionism are presented, namely: the technique of writing, which allowed not to mix colors on the palette, transfer of light and color. allowing to transfer material objects in a complex interaction with the light-and-air medium. These main features of impressionism distinguish it from other artistic trends. The authors presented the definition of the concept of «auction» and its interaction with the concept of «pricing». The main parameters affecting the pricing of works of art are described. All the results of the analyzes performed are presented in diagrams and diagrams that give a clear idea of the ratio of the initial cost of works at the auction and the cost of selling after the auction, the ratio of the cost of works of art of one author sold at auction in one year and the schedule and dynamics of sales of canvases artists-impressionists. In the course of the theoretical study, it was established that the reason for the popularity and high cost of the paintings of impressionist artists is: the uniqueness of the writing technique, the pronounced style of authors, the scandal and unique history inherent in both the individual canvas and the artist as a whole. In conclusion, the authors consider that since the works of Impressionist artists represent an aesthetic value for culture and art in general, they have a certain pricing structure that is absolutely contrary to the economic system of price determination and has gained special popularity over the past fifteen years, and their cost increases every year in price.

Keywords: perception, thinking, canvas, colorful layer, genre

Причина высокой стоимости произведений искусства всегда интересовала людей, а ее значимость привлекала коллекционеров. В момент развития экономики не исключены кризисы, поэтому многие бизнесмены и влиятельные люди, в попытках сохранить свой капитал, вкладывают средства в недвижимость, драгоценности, инвестируют в бизнес. Но есть и те, кто становятся владельцами произведений искусства. На сегодняшний день приобретение известных мировых полотен может стать хорошей инвестицией [1].

Цель исследования: проанализировать и сравнить стоимость полотен художников-импрессионистов на мировых аукционах и выявить ряд критериев, оказывающих влияние на их ценообразование.

Материалы и методы исследования

С самых первых выставок, картины художников-импрессионистов привлекали к себе неподкупный интерес и внимание. Галеристы и сейчас бьются на аукционах за право стать обладателями шедевральных полотен мастеров данного художественного течения и в результате продаж часто устанавливают мировые рекорды.

Прежде чем приступить к анализу ценообразования полотен художников-импрессионистов на мировых аукционах, стоит определить основные характерные черты этого художественного течения. Итак, это направление в искусстве, стремящееся наиболее естественно и непредвзято запечатлеть реальный мир в его подвижности и изменчивости, воспроизвести личные переживания и настроения впечатлений художника.

Главной отличительной особенностью данного художественного течения является техника письма, которая позволяла не смешивать краски на палитре, а получать нужный цвет путем правильного наложения их на холст. Особое внимание художники уделяли передаче цвета и света, что позволяло передать материальный предмет в сложном взаимодействии его со световоздушной средой. Такая техника привлекала внимание, что позволило импрессионизму стать одним из первых скандальных и провокационных течений в западноевропейском искусстве конца XIX века [2].

Большинство известных мировых полотен принадлежат государственным музеям и являются их достоянием, поэтому такие произведения редко меняют владельца. Но существуют и такие картины, которые являются частной собственностью коллекционеров и галеристов. Именно такие полотна чаще всего выставляются в аукционах на продажу и доступны для приобретения частным лицам, у которых имеют большой спрос.

Прежде чем приступить к выявлению параметров ценообразования, сначала следует дать определение понятию «аукцион» и определить их взаимодействие между собой. В контексте статьи данный термин подразумевает публичную продажу произведений искусства по заранее установленным правилам, включающим в себя состязательность между потенциальными покупателями. Стоит отметить, что именно аукцион устанавливает первоначальную стоимость продажи мировых полотен. Как известно, цены на живописные произведения разных художников могут сильно отличаться друг от друга. Даже у одного автора стоимость картины может превосходить другую в десять раз, как, например, произведение «Игроки» Поля Сезанна.

Социоэкономист Вельтус Олаф выделяет два понятия влияющих на стоимость мировых полотен – цену и ценообразование. В расчет первого фактора входят такие технические параметры полотна, как формат, размер и материал. Становится ясно, что формирование цены имеет логическую обоснованность. Однако ценообразование является процессом неточным и зависит от разных показателей мало отличающихся от других сегментов рынка. При этом Вельтус Олаф утверждает, что мировые полотна представляют эстетическую ценность и их стоимость не может быть независимой от сложной культурной системы. Иначе говоря, ценообразование мировых полотен не подчиненно экономической ценности, однако имеет определенную структуру, зависящую от культуры искусства в целом [3].

Американский журналист Алекс Майяси считает, что рынок продаж произведений искусства вполне можно считать сфальсифицированным, так как он контролируется галереями и дилерами, выступающими в роли законодателей мод. Тем самым происходит превращение художников в бренды, что позволяет увеличить как стоимость произведения, так и престиж аукциона [4].

Подобные ситуации позволяют магнатам и влиятельным людям рассматривать произведения искусства как товар, инвестируя в него средства. При этом известные мировые полотна со временем лишь возрастают в цене, в отличие от экзотических автомобилей и недвижимости, резко теряющих себестоимость после продажи. Также приобретение всемирно известных полотен привлекает определенных бизнесменов, так как такой случай придается публичной огласке. Примером может служить покупка Леоном Блэком картины Эдварда Мунка «Крик» за сто двадцать миллионов долларов [5].

Главный редактор интернет-проекта, посвященного рынку русского искусства, Владимир Богданов приводит статистику, свидетельствующую о том, что цена картины на торгах поднимается на 15–35 %, а владелец художественного произведения в среднем получает 70 %, на 30 % меньше стоимости продажи с аукциона. Становится ясно, что стоимость всемирно известных произведений искусства разнообразна и при этом неоднозначна по способу ценообразования [6].

Результаты исследования и их обсуждение

На основе изученного материала, влияющего на ценность живописных полотен, можно выделить ряд параметров ценообразования, объясняющих причину высокой стоимости произведений. Следует отметить, что такие технические параметры картины, как формат, размер и материал относятся к цене и при этом не влияют на ценообразование, когда речь идет о полотнах импрессионистов.

К самому первостепенному параметру следует отнести жанр. Известно, что стоимость портрета преобладает над пейзажем и натюрмортом. Это наиболее заметно в тех случаях, когда картины художника имели спрос при его жизни, а заказчиками выступали аристократы.

Необходимо выделить технику письма как важный параметр ценообразования. Именно это является отличительной особенностью импрессионизма от других художественных течений. Получение нужного цвета путем наложения красок на холст и передача световоздушной среды шли в разрез академической школе живописи конца XIX века.

Важную роль ценности полотна определяет выраженность стиля мастера. Данный параметр наиболее ярко отражается в творчестве художников-постимпрессионистов. У каждого из них выработан свой индивидуальный неповторимый узнаваемый почерк.

Следующим параметром является история, имеющая отношение либо к самому произведению, либо к ее автору. Именно этот пункт придает «пикантности» полотну, делая его более значимым и отличающимся от других. Примером может служить произведение Ван Гога «Портрет доктора Гаше», которое за историю существования сменило много владельцев, а также в 1937 г. было конфисковано как «дегенеративное искусство». Именно по этой причине в 1990 г. картина была продана по рекордной цене [5].

Наиболее противоречивым фактором по отношению к течению художников-импрессионистов, влияющим на ценообразование произведений искусства изначально считалось время, затраченное на выполнение произведения. Академическая живопись предполагает серьезную подготовительную работу, наброски с натуры, компоновку формата картины, философское осмысление и символизм. Поскольку идея импрессионизма противоречила привычной системе письма конца XIX века, то и время, потраченное на выполнение произведения, многократно сокращалось. Примером может служить пленэрная живопись импрессионистов. Следует отметить, что данный параметр исследуемого художественного течения мало влияет на ценообразование полотен, однако большую значимость имеет скандальность художника, что является следующим фактором.

Также причинами высокой стоимости полотна могут служить моменты, связанные с продажей на аукционах, которые не имеют отношения к ценообразованию. Примером является желание потенциальных покупателей овладеть произведением искусства, в результате чего конечная стоимость продажи полотна может существенно отличаться от начальной стоимости, установленной аукционом (рис. 1).

Анализируя результаты продаж произведений художников-импрессионистов, можно выделить случаи, когда в один год стоимость приобретения полотен определенного автора существенно отличалась. К примеру, проданные в 1990 г. картины Ван Гога «Автопротрет», «Портрет доктора Гаше», «Девочка с куклой», работа П. Сезанна «Гора Сан-Виктуар», проданная в 2001 г., П. Гогена «Человек с топором», «Две женщины» в 2006 г., а также произведения К. Моне, проданные в разные годы «Арки из роз, Живерни», «Мост Ватерлоо», «Водяные лилии» в 2007 г. и «Железнодорожный мост в Аржантее» и «Пруд с кувшинками» в 2008 г. (рис. 2).

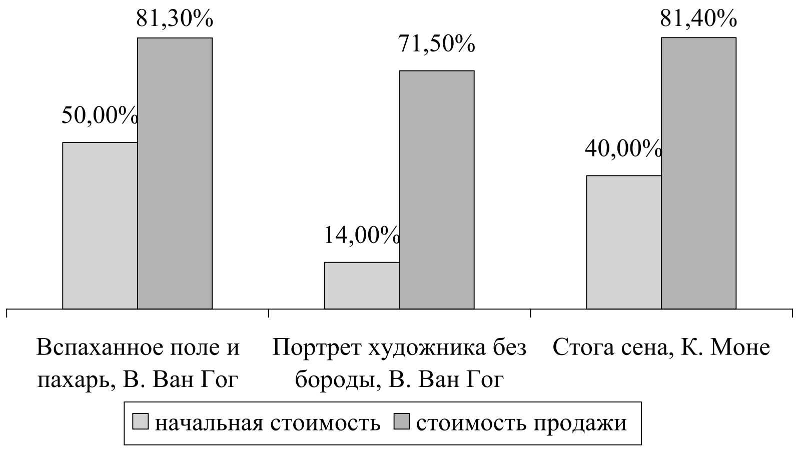


Рис. 1. Соотношение начальной стоимости произведений на аукционе со стоимостью продажи после торгов

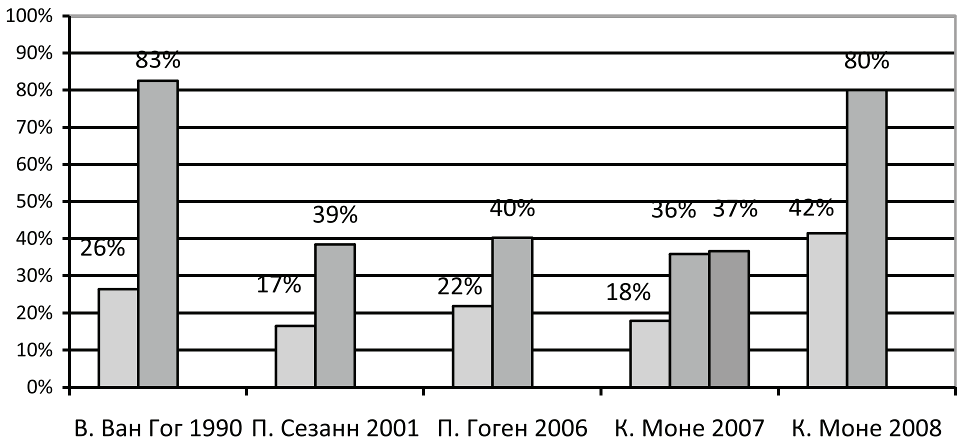


Рис. 2. Соотношение стоимости произведений искусства одного автора, проданных на аукционе в один год

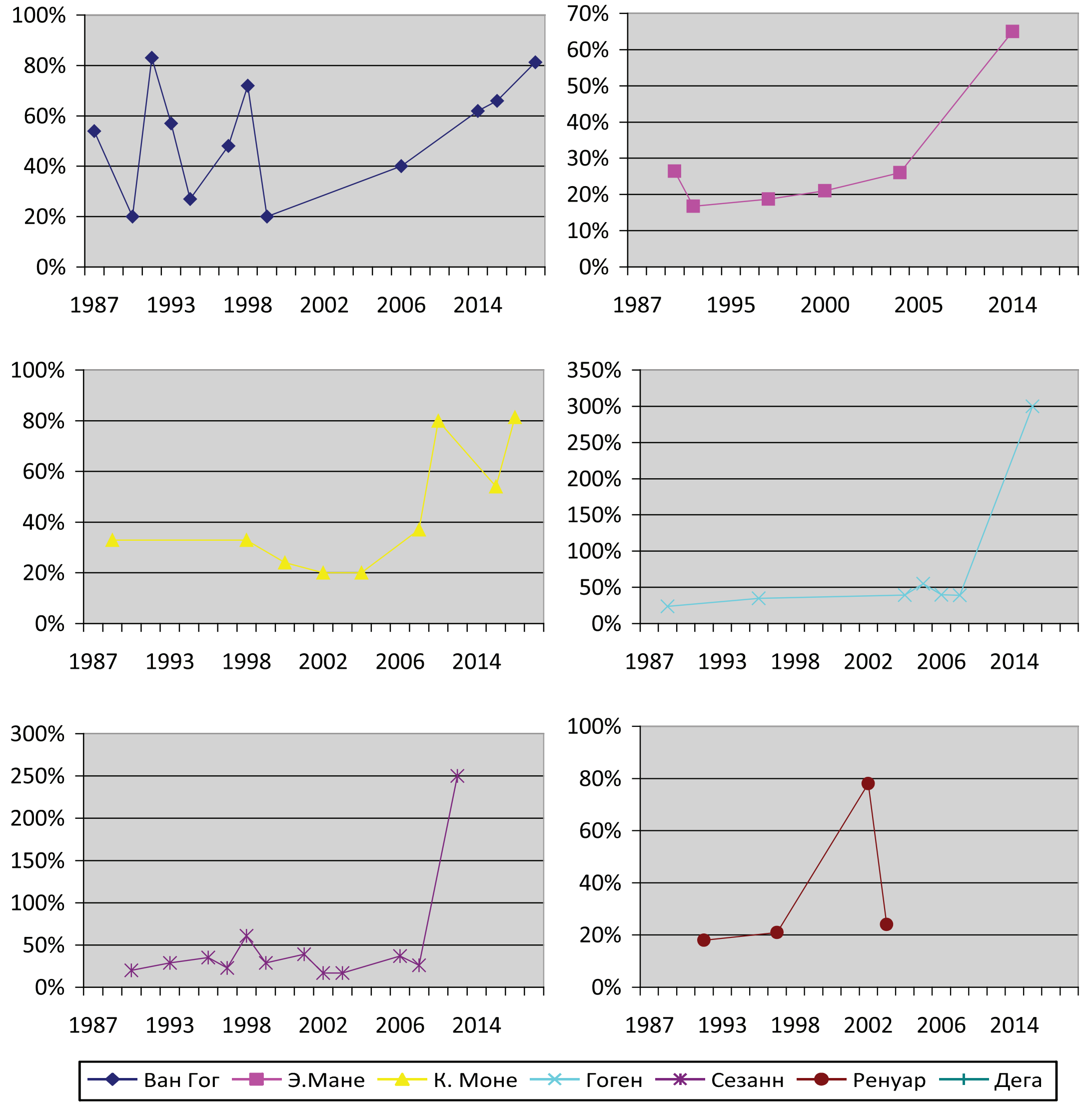


Рис. 3. Графики продаж произведений искусства художников-импрессионистов

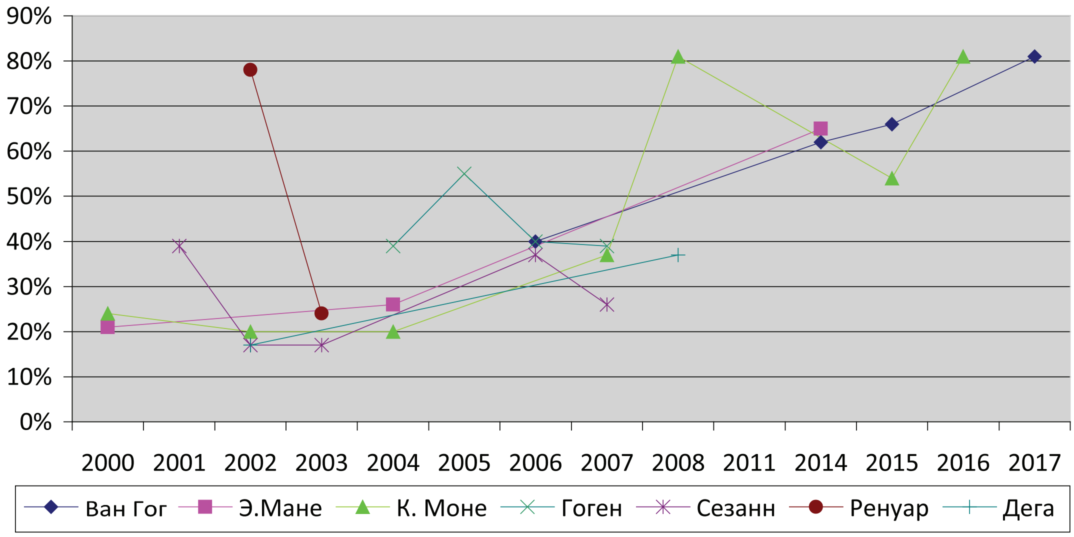


Рис. 4. Динамика продаж полотен художников-импрессионистов

Одним из спокойных типов можно выделить стабильность цены на произведения по истечению времени. Примером может служить график продаж П. Сезанна и П. Гогена на период с 1987 по 2008 гг., когда изменение стоимости было малозначительным, а диаграмма пребывает в спокойной горизонтальной линии. Следующим типом является медленный подъем. Плавное повышение стоимости произведений можно заметить на графике В. Ван Гога с 1999 по 2017 гг., а также на протяжении всего графика у Э. Мане. Обратным же является спад стоимости продаж у К. Моне на период с 1999 по 2008 гг., где можно заметить плавное понижение линии на диаграмме.

В истории продаж художников постимпрессионистов следует отметить резкий подъем. Подобное можно наблюдать на графике продаж П. Сезанна и П. Гогена с 2008 г. За короткий промежуток времени линия диаграммы резко поднимается вверх.

Последним типом является резкий подъем и резкий спад. Данный тип выделен отдельно, поскольку в графиках наблюдается его цикличность и возвращение к изначальному курсу после резкого подъема. Подобная зигзагообразная линия диаграммы наблюдается в графике В. Ван Гога с 1987 по 1999 гг., у К. Моне в 2008–2016 и П. Ренуара в 1997–2003 (рис. 3).

Исходя из общей динамики продаж произведений искусства художников-импрессионистов, следует отметить, что тенденция стоимости на живопись мастеров конца XIX века не была стабильной и общей до 2003 г., так как в данный период встречаются такие типы графиков, как стабильность, резкий подъем и резкий спад, медленный подъем, медленный спад. Но с 2003 г. у всей группы художников-импрессионистов наблюдается общий подъем [7]. Таким образом, можно отметить, что в 2003 г. самую низкую стоимость имело полотно П. Сезанна, проданное за 17,3 миллиона долларов. А в 2007 г. меньше, чем у других импрессионистов, стоила очередная работа П. Сезанна, которая стоила уже 25,5 миллионов долларов. В 2015 г. статусом низкой стоимости обладает произведение К. Моне, проданное за 54 миллиона долларов (рис.4).

Таким образом, следует отметить, что полотна художников-импрессионистов за последние пятнадцать лет обретают популярность, а их стоимость с каждым годом возрастает.

Выводы

В ходе проведенного теоретического исследования произведения художников-импрессионистов представляют эстетическую ценность для культуры и искусства в целом, имеют определенную структуру ценообразования, абсолютно противоречащую экономической системе определения цены. Успешность художественного течения подтверждает факт, что работы художников были куплены пятью, шестью влиятельными коллекционерами еще в XIX веке. Причиной популярности и высокой стоимости полотен являются выделенные параметры ценообразования, из них к импрессионизму относится уникальность техники письма, присущая художественному течению, ярко выраженный стиль автора, скандальность и уникальная история, присущая как к отдельному полотну, так и художнику в целом.

Совокупность таких параметров позволяет полотну стать уникальным среди прочих произведений и желаемым как для коллекционеров, так и для галеристов.

Список литературы

1. Акунья А. Скрытая цена современного искусства / А. Акунья // АртГид. – 2016. URL: http://artguide.com/posts/1138?page=43 (дата обращения: 25.03.2018).

2. Андреев Л. Импрессионизм / Л. Андреев. – М.: МГУ, 1980. – С. 202.

3. Velthus O. The impact of globalisation on the contemporary art market: The traditional gallery model at risk / O. Velthus // Risk and Uncertainty in the Art World. – 2014. – 4.10. – С. 87.

4. Mayyasi A. Why Is Art Expensive? // priceonomics. – 2015. URL: https://priceonomics.com/why-is-art-expensive/ (дата обращения: 28.03.2018).

5. Котельникова Т. Импрессионизм / Т. Котельникова. – М.: Абрис, 2018. – 253 с.

6. Богданов В. Как самому оценить картину / В. Богданов // ARTinvestment.RU рынок искусства.– 2016. URL https://artinvestment.ru/invest/collector/20160920_how_evaluate.html (дата обращения: 23.03.2018).

7. Евпланов А. Скромное обаяние раритетов. Цена самой дорогой в мире картины немногим уступает цене самой дорогой яхты / А. Евпланов // Российская бизнес-газета. – 2018. – № 552. – С. 3.

УДК 371.233:504.06

ПРОИЗВОДСТВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭКСКУРСИЯ КАК ОДНО ИЗ НАПРАВЛЕНИЙ РЕАЛИЗАЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ ПРЕДПРИЯТИЯ ООО «РУСДЖАМ»

Копосова Н.Н., Плашкина А.Д.

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный педагогический университет имени Козьмы Минина», Нижний Новгород, e-mail: coposowa.nataliya@yandex.ru

В статье рассмотрена роль производственной экскурсии в реализации экологической политики предприятия «Русджам», расположенного в г. Гороховце Владимирской области. Проведен анализ технологических особенностей производства облегченной стеклянной бутылки, основных видов воздействия производства на окружающую среду, а также направлений уменьшения негативного воздействия, сокращения выбросов в атмосферу, образования отходов и сточных вод. Проведена оценка деятельности предприятия в сфере охраны окружающей среды, эффективности системы экологического менеджмента, рассмотрены основные направления экологической политики. В результате проведенного анализа установлено, что не в полной мере выполняется требование открытости и доступности экологической информации. Это подтверждается и результатами социологического опроса жителей города, в ходе которого было выяснено, что они не осведомлены об экологической деятельности предприятия. Для более полной реализации экологической политики и создания положительного «зеленого» имиджа предприятия разработана экологическая экскурсия для школьников г. Гороховца, цель которой – познакомить учащихся с особенностями производственного процесса и экологической политикой предприятия. Представлены основные этапы и ход проведения экскурсии, методические приемы и интерактивные элементы, способствующие более эффективному усвоению содержания материала экскурсии. Так, на складе сырья и материалов экскурсанты изучают работу рукавных фильтров, а на участке контроля и упаковки готовой продукции участвуют в контроле бракованных изделий, пробуя себя в профессии контролера-технолога. Особое внимание в ходе экскурсии уделяется знакомству с программой управления окружающей средой, в рамках которой осуществляются мероприятия, направленные на снижение объемов выбросов в атмосферу. Викторина с призами, проведенная в конце экскурсии, направлена на закрепление рассмотренного материала.

Ключевые слова: экологический менеджмент, экологическая политика, экскурсия

INDUSTRIAL-ECOLOGICAL TOUR AS ONE OF ENVIRONMENTAL POLICY OF THE COMPANY «RUSDZHAM»

Koposova N.N., Plashkina A.D.

Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University, Nizhny Novgorod, e-mail: coposowa.nataliya@yandex.ru

The article deals with the role of manufacturing tours in implementing environmental policies of the enterprise «Rusdzham», located in the town of Gorokhovets, Vladimir region. The analysis of technological particularities of manufacturing lightweight glass bottles the main types of environmental impacts of the production Wednesday, as well as directions for reducing the negative impact, reducing air emissions, waste and wastewater. Estimation of activity of the enterprise in the field of environmental protection, the effectiveness of the environmental management system, the main directions of environmental policies. The analysis found that fully executes the requirement of openness and accessibility of environmental information. It is be confirmed and the results of the opinion poll of city residents, in the course of which it was found that they were not aware of the environmental performance of the enterprise. For a more complete implementation of environmental policies and create a positive «green» image of the company developed ecological excursion to students g. Gorohovca, which aims to acquaint students with the characteristics of the production process and the environmental policies of the enterprise. Shows the basic steps and the course of the tour, instructional techniques and interactive elements that contribute to a more effective mastering of content material excursions. So the stock of raw materials the tourists exploring the work of bag filters, and on site monitoring and packaging of finished products are involved in the control of scrap items, trying his hand at a profession controller-technologist. Particular attention is paid to the acquaintance with environmental management program, in which activities, aimed at reducing emissions into the atmosphere. Quiz with prizes, carry out at the end of the tour, aimed at consolidating the material reviewed.

Keywords: environmental management, environmental policy, tour

В настоящее время многие предприятия стремятся создать себе «зеленый» имидж. Одним из результативных направлений формирования положительного имиджа является проведение производственных экскурсий, на которых предприятие показывает технологический процесс, качество произведенной продукции, работу персонала. Производственные экскурсии являются важным средством демонстрации общественности безопасности производственного процесса, а также могут способствовать профориентации учащихся школ. Во время экскурсии на производство школьники знакомятся со свойствами исходных материалов и полученных продуктов, устройством и работой основных аппаратов, с технологическим процессом в целом, что формирует у них яркие образы и способствует более прочному усвоению научных основ производства, и может сыграть положительную роль при выборе будущей профессии.

Цель исследования: разработать производственно-экологическую экскурсию для реализации экологической политики ООО «Русджам».

Материалы и методы исследования

Экскурсия – это одна из форм культурно-просветительной работы наряду с лекциями, тематическими вечерами, конференциями, характеризующаяся рядом признаков: наличие экскурсионной группы и экскурсовода (руководителя группы), единство темы, цели и задач экскурсии, передвижение участников экскурсии по заранее спланированному маршруту с целью осмотра объектов, использование экскурсионного метода – показа и рассказа, определенная протяженность во времени (в среднем от 1 до 4–5 академических часов) [1].

Экскурсия как вид деятельности выполняет несколько функций: научной пропаганды, формирования интересов человека (экскурсия для многих становится началом работы по самообразованию [2], информационно-познавательная, воспитательная, развлекательно-досуговая [3], коммуникативная [4].

В настоящее время экскурсионная деятельность в России регулируется Федеральным законом № 132-ФЗ «Об основах туристской деятельности в Российской Федерации», государственным стандартом Российской Федерации (ГОСТ) и другими нормативно-правовыми актами [5].

В соответствии с Федеральным законом «Об образовании в Российской Федерации» от 29.12.2012 № 273-ФЗ, примерной программой основного общего образования по географии с учетом авторской программы по географии в учебных программах должен устанавливаться обязательный перечень экскурсий и их содержание. Среди экскурсий важное место занимают учебные экскурсии, которые помогают школьникам развивать наблюдательность, умение видеть, анализировать и комплексно воспринимать объект. Все проводимые в школе экскурсии условно разделяются на несколько видов, ключевое место среди которых отводится производственным экскурсиям. Производственные экскурсии планируются в курсе экономической географии (9 класс). Они предполагают посещение учащимися предприятий, сельскохозяйственных объектов и т.д. Производственные экскурсии помогают изучению основ современного производства и способствуют расширению технического кругозора и трудовому воспитанию учащихся [6, 7].

При проведении экскурсий важной задачей является осмысление и усвоение изучаемого материала. Для решения этой задачи используется методика проведения экскурсий, в соответствии с которой выделяются:

- подготовительная работа к экскурсии (четкое определение ее цели; выбор объекта изучения; постановка перед учащимися конкретных вопросов);
- содержательная часть экскурсии (организация учебной работы по восприятию усвоению (или закреплению) изучаемого материала во время ее проведения с помощью методов рассказа, объяснения, беседы и демонстрации);
- подведение итогов, обобщение того, что учащиеся узнали нового во время проведения экскурсии.

Результаты исследования и их обсуждение

Для организации производственной экскурсии необходимо провести оценку выбранного для экскурсии предприятия. В качестве объекта производственно-экологической экскурсии было выбрано предприятие ООО «Русджам» – завод по производству стеклотары в г. Гороховце Владимирской области.

При подготовке к экскурсии авторы выяснили, что завод оснащен 11 производственными линиями с современным высокотехнологичным оборудованием производства стран ЕС, что позволяет быстро реагировать на потребности рынка и производить тару в соответствии с требованиями клиентов.

«Русджам» – первый и на сегодняшний день единственный в России производитель одноразовой облегченной тары по технологии NNPB. Объемы выпуска облегченной бутылки составляют 70 % от общего производства. Производство облегченной продукции позволяет значительно снизить потребление энергии и сырья и тем самым способствует сбережению природных ресурсов.

Принцип работы «Русджам» – полный контроль качества. Поддержание качества продукции на высоком уровне является одной из приоритетных задач всего коллектива завода. Контроль осуществляется на всех этапах производства, начиная с анализа сырья в лаборатории завода и заканчивая контролем качества готовой к отгрузке продукции [8].

Предприятие добровольно внедрило и использует системы менеджмента, основанные на международных стандартах: ISO-9001, ISO-14001, OHSAS-18001. Гармонизация этих систем в рамках одного предприятия дает ключевое понятие интегрированных систем менеджмента (ИСМ). В состав ИСМ предприятия входит три системы: СМК – система менеджмента качества, СЭМ – система экологического менеджмента, СМОТ – система менеджмента охраны труда.

Предприятие «Русджам» подготавливает, внедряет и постоянно совершенствует систему экологического менеджмента. Мониторинговые исследования, проводимые в рамках СЭМ, показали эффективность мероприятий, проводимых для снижения выбросов в атмосферу. Приземные концентрации загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу предприятием, не превышают допустимых норм для населенных мест.

ООО «Русджам» признает ответственность за обеспечение охраны окружающей среды, проведение оценки промышленных и экологических рисков, разработки и реализации мер по их снижению. Оценка риска загрязнения атмосферы при нормальном режиме работы ООО «Русджам», показала, что стеклотарный завод «Русджам» имеет организованные, а также неорганизованные источники пыли, которые являются источником экологического риска для атмосферы.

Уменьшение техногенного воздействия на окружающую среду, сокращение выбросов в атмосферу осуществляется путем установки рукавных фильтров в местах сильного пыления, использования топлива с низким содержанием серы, осуществления контроля в зонах подачи материалов в печи, обеспечения сбалансированной работы печи, оптимизации методов загрузки материалов, величины зерна, уровня влажности. Сокращение образования отходов производства и экологически безопасное обращение с ними достигается путем повторного использования стеклобоя в производстве. Отходы производства (песок кварцевый, сода кальцинированная, полипропиленовые мешки, деревянные поддоны, стекло, гофрокартон и т.д.) накапливаются на территории предприятия и передаются на захоронение, частично используются в ООО «Русджам» или передаются на использование сторонним предприятиям.

Улучшение качества сточных вод предусматривает повторное использование очищенных вод на подпитку систем оборотного водоснабжения, предназначенных для охлаждения брака стеклоизделий. Сточные воды поступают на очистные сооружения ливневых стоков. Снижение потребления энергоресурсов достигается путем использования автоматизированных стекловаренных печей непрерывного действия, отапливаемых природным газом.

На основе совершенствования технологических процессов предприятием достигается рациональное использование природных ресурсов, сырья и энергии на стадиях производства и потребления.

Одним из основных элементов экологической политики ООО «Русджам» является открытость и доступность экологической информации, информирование сотрудников предприятия, органы власти, партнеров, общественность и другие заинтересованные стороны об экологической политике, целях и достижениях по охране окружающей среды [9]. Но на сегодняшний день это требование выполняется не в полной мере. Предприятие не информирует общественность и других заинтересованных лиц о своей работе. Экологическая политика предприятия не представлена на общественное обозрение, что противоречит открытости и доступности экологической информации.

Так, в ходе социально-экологического исследования «Проблемы вторичного использования стеклянной тары в г. Гороховце и на предприятии ООО «Русджам» (анкетирование было проведено среди жителей г. Гороховца в 2017 г.), было выявлено, что только половина опрошенных гороховчан знает о том, что ООО «Русджам» использует бракованные бутылки в своем производстве вторично. Если бы руководство предприятия выполняло направление экологической политики в полном объеме, то большая часть жителей города узнала бы о деятельности ООО «Русджам», что позволило бы им создать «зеленый» имидж предприятия.

Для реализации пункта экологической политики «Открытость и доступность экологической информации, информирование сотрудников предприятия, органы власти, партнеров, общественность и другие заинтересованные стороны об экологической политике, целях и достижениях по охране окружающей среды» мы разработали производственно-экологическую экскурсию, которая позволит выполнить в полной мере данную задачу.

Цель экскурсии: познакомить учащихся с особенностями производственного процесса и экологической политикой предприятия.

Экскурсия начинается у входа на территорию предприятия. Здесь учащихся в сопровождении учителя встречает экскурсовод от предприятия (им может быть начальник производства, главный эколог предприятия).

После экскурсовод ведет группу вдоль завода ООО «Русджам». Осмотр продолжается 1,5–2 минуты. Экскурсовод спрашивает у учеников, что они знают о предприятии и его деятельности, корректируя ответы учащихся и добавляя информацию, необходимую для формирования правильного представления о направлении деятельности предприятия.

Затем экскурсанты проходят в склад сырья и материалов. Основными материалами для приготовления шихты являются: песок кварцевый, сода кальцинированная, доломит, сульфат натрия, уголь активированный, хромит, гематит, полевой шпат, стеклобой, мел. Все необходимые сырьевые материалы на территорию предприятия поступают в готовом виде россыпью или затаренные в мешки и специальные мягкие контейнеры. Доставка сырья на предприятие осуществляется железнодорожным и автомобильным транспортом. При разгрузке сырье ссыпается в приемные бункеры. Посты отсыпки сырья в разгрузочные бункеры оборудованы вытяжной системой местных отсосов. Запыленный воздух из местных отсосов проходит очистку в рукавных фильтрах без выброса в атмосферу.

Экскурсовод задает учащимся вопросы для проверки внимательности и знаний:

1. Какое сырье используется в производстве?

2. Как и в каком виде осуществляется доставка сырья на предприятие?

3. Для чего необходимы фильтры при разгрузке сырья?

Далее экскурсовод ведет учеников в производственные цеха. Остановочный пункт № 3 – участок шихты и печей. Чтобы получить однородную стекломассу, в процессе составления шихты компоненты взвешиваются в определенных пропорциях и перемешиваются [10]. В приготовлении шихты также используется стеклобой – забракованные холодные изделия, которые предварительно дробятся. Из силосов составного цеха стеклобой поступает в весовой бункер, взвешенный стеклобой добавляется в шихту на конвейер шихты, ведущий в загрузочные бункера стекловарных печей.

Когда шихта нагревается до температуры 1100–1150 °C, образуется стекломасса. По окончании стекловарения стекломасса охлаждается до температуры приобретения вязкости, требуемой для выдувания стеклянных форм.

После осмотра цеха для подведения итогов экскурсовод задает вопросы:

1. Знали ли вы, что завод использует в приготовлении шихты стеклобой как вторичное сырье?

2. Если бы ООО «Русджам» принимало стеклянные бутылки, стали бы вы их сдавать и если да, то при каких условиях?

3. Считаете ли вы, что это поможет улучшить экологическую ситуацию в городе?

Далее экскурсанты переходят на участок стеклоформующих машин, где стекломасса подается на стекольные линии к формовочным автоматам, осуществляющим формовку изделий. После осмотра участка стеклоформующих машин, экскурсовод спрашивает у учеников, знают ли они, почему используется газовый обогрев печей?

На участке контроля и упаковки готовой продукции бутылки опрыскиваются специальным раствором, защищающим их от потертостей и царапин во время транспортировки. Продукции остается пройти контроль качества [11]. Контролеры участка проводят интерактивное мероприятие для учащихся на 10–12 минут, в котором показывают, в чем заключается их работа, и дают поучаствовать экскурсантам в контроле бракованных изделий, которые вручную убираются с конвейера и далее используются как стеклобой.

Далее, продукция переходит на линию контроля бутылок с полуавтоматом укладки бутылок на поддоны. Сформированные пакет-поддоны со всех линий транспортируются к упаковочным машинам, где осуществляется упаковка пакет-поддонов в термоусадочную пленку. Здесь рабочие также следят за бракованными изделиями. На этом участке ООО «Русджам» предоставляет для старшеклассников на лето рабочие места, не требующие специальной квалификации. На данном этапе также предусмотрено интерактивное мероприятие на 10–12 минут, при проведении которого школьникам предоставляется возможность опробовать себя в профессии технолога-контролера.

На участке 6 и 7 находится склад готовой продукции, где осуществляется отгрузка готовых изделий. Сюда упакованные пакет-поддоны транспортируются автопогрузчиками, а затем отгружаются потребителям на железнодорожный или автомобильный транспорт.

Последний остановочный пункт – это помещения офисов, где находится экологическая лаборатория. Слово передается главному экологу предприятия.

На предприятии разработана программа управления окружающей средой. Одним из целевых аспектов реализации данной программы является сокращение выбросов, предпринимаемое ООО «Русджам». В основном загрязняющие вещества при выгрузке сырья, его пересыпках характеризуются выбросами в атмосферу пыли неорганической с различным содержанием SiO_2; при варке стекломассы – взвешенных веществ; при использовании природного газа – оксидов азота, углерода в стекловаренных печах – продуктов сгорания топлива; при сгорании природного газа в питателях, печах отжига, упаковочных машинах при сгорании природного газа в питателях, печах отжига, упаковочных машинах – оксидов углерода; при работе стеклоформующих автоматов – масла минерального и продуктов его сгорания (сажа).

На складе сырья и материалов объем выбросов составляет примерно 9,5 м^3/с. В цехах выработки стеклотары объем выбросов достигает 400 м^3/с. На складе готовой продукции объем выбросов равняется 2 м^3/с [12]. Концентрации загрязняющих веществ, выбрасываемых предприятием, не превышают допустимых норм.

С целью снижения выбросов пыли в атмосферу предусмотрена установка рукавных фильтров в местах сильного пыления (зона разгрузки сырья, склад материалов, составные цеха), использование топлива с низким содержанием серы, осуществление контроля в зонах подачи материалов в печи, обеспечение сбалансированной работы печи, оптимизация методов загрузки материалов, величины зерна, уровня влажности. Мониторинговые исследования, проводимые в рамках системы экологического менеджмента, показали эффективность данных мероприятий. Приземные концентрации загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу предприятием, не превышают допустимых норм для населенных мест.

Анализы, проводимые лабораторией ООО «Русджам», показали, что программа управления окружающей средой работает и выполняется за счет сокращения и уменьшения выбросов путем чистки каналов регенераторов стекловаренных печей, модернизации фильтров в пункте выгрузки сырья, применения улучшенного материала для чистовых форм, уменьшения используемого объема смазки, своевременной замены фильтрующих картриджей на установках пылеудаления составного цеха.

В конце эколог задает вопросы экскурсантам:

1. Ощущаете ли Вы на себе негативное воздействие, оказываемое предприятием?

2. Считаете ли Вы, что необходимо усилить меры по снижению негативного воздействия на окружающую среду?

Заключает экскурсию общий осмотр предприятия, который может быть проведен на специально отведенной площадке для отдыха рабочего персонала. Экскурсовод проводит с обучающимися викторину. За правильный ответ школьники получают сувенирную продукцию предприятия: ручки, блокноты, календари.

Выводы

Разработанная производственно-экологическая экскурсия позволит ООО «Русджам» реализовать экологическую политику в полном объеме, что положительно скажется на создании «зеленого» имиджа предприятия.

Экскурсия позволит обучающимся школ на примере предприятия ООО «Русджам» изучить технологические особенности предприятия и направления снижения негативного воздействия на окружающую среду. Данная экскурсия в будущем может быть использована для ознакомления с экологической политикой предприятия не только на учеников школ г. Гороховца, но и на учеников из других населенных пунктов, студентов колледжей, университетов и любых других желающих.

Такой способ информирования общественности и других заинтересованных сторон о своей работе, экологической политике, целях и достижениях по охране окружающей среды позволит не только реализовать экологическую политику предприятия, но и положительно настроить людей к работе завода своей открытостью и заинтересованностью в контакте.

Также это позволит предприятию стать более известным и популярным не только в г. Гороховце, но и в других городах, что может привлечь к себе потенциальных клиентов и рабочий персонал. Производственно-экологическая экскурсия может послужить началом для других проектов предприятия по взаимодействию с общественностью.

Список литературы

1. Добрынина Н.А. Экскурсоведение. – М.: ФЛИНТА: НОУ ВПО «МПСИ», 2012. – 288 с.

2. Емельянов Б.В. Экскурсоведение. – М.: Советский спорт, 2009. – 216 с.

3. Каурова А.Д. Организация сферы туризма. – СПб.: Герда, 2006. – 320 с.

4. Козина Е.Ф, Степанян Е.Н. Методика преподавания естествознания. – М.: Академия, 2008. – 496 с.

5. Федеральный закон «Об основах туристской деятельности в Российской Федерации» от 24.11.1996 № 132-ФЗ [Электронный ресурс]. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_12462 (дата обращения: 18.06.2018).

6. Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» от 29.12.2012 № 273-ФЗ [Электронный ресурс]. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174 (дата обращения: 18.06.2018).

7. Баринова И.И., Дронов В.П. Авторская программа для общеобразовательных школ: География. Программы для общеобразовательных учреждений. 6–11 классы. – М.: Дрофа, 2011. – 79 с.

8. О компании | О компании | Главная | ruscam.ru [Электронный ресурс]. – URL: http://www.ruscam.ru/o-kompanii/o-kompanii/?PHPSESSID=2j28bb62a1upqedesbukqg9em0 (дата обращения: 18.06.2018).

9. Руководство по охране окружающей среды ООО «Русджам», 2007. – 30 с. URL: http://www.sisecamcamambalaj.com/ru (дата обращения: 18.06.2018).

10. Руководство по охране окружающей среды, здоровья и труда в стекольном производстве, 2007. – 22 с. URL: http://www.sisecamcamambalaj.com/ru (дата обращения: 18.06.2018).

11. Процесс производства стеклянных бутылок [Электронный ресурс]. – URL: http://www.bugaga.ru/interesting/1146737195-process-proizvodstva-steklyannyh-butylok.html (дата обращения: 18.06.2018).

12. ООО «Русджам» Стеклотарный завод мощностью 250 млн штук в год бутылок емкостью 0,5 л. Третья очередь. Охрана окружающей среды. Том II, – ОАВ Борская специализированная проектно-конструкторская технологическая организация «Стеклоавтоматика», 2004. URL: http://www.sisecamcamambalaj.com/ru (дата обращения: 18.06.2018).

УДК 378.147.227:372.857

ИНТЕРАКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК СРЕДСТВО ОПТИМИЗАЦИИ ИЗУЧЕНИЯ БИОЛОГИИ В МЕДИЦИНСКОМ ВУЗЕ

Петрова М.Б., Стручкова И.В., Харитонова Е.А., Курбатова Л.А., Павлова Н.В.

ФГБОУ ВО «Тверской государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения России, Тверь, e-mail: pmargo-2612@mail.ru

Статья посвящена рассмотрению актуальных проблем высшего медицинского образования и путей их реализации в ФГБОУ ВО «Тверской ГМУ» Минздрава России. Затрагиваются вопросы использования интерактивных методов обучения при подготовке студентов первого курса медицинского вуза в рамках базовой дисциплины «Биология», приведен опыт создания и использования преподавателями кафедры электронных учебных пособий-атласов для самостоятельной работы студентов, использования возможностей социальной сети и электронной библиотеки «Консультант студента» в образовательном процессе, дана оценка эффективности их применения. Показана роль активных методов обучения в формировании общекультурных и профессиональных компетенций специалиста, поскольку внедрение в процесс обучения интерактивных образовательных технологий соответствует интересам и запросам обучающихся в современных социально-экономических условиях глобальной информатизации. Накопленный опыт показал, что данные технологии оказались эффективны в осуществлении виртуальной коммуникации и активного взаимодействия между студентами, студентами и преподавателями в популярной для современного поколения форме. Успех социальных сетей объясняется возможностью общаться в знакомой среде открыто и непринужденно, без учета статуса собеседника. Предполагается дальнейший поиск новых форм применения виртуального взаимодействия и управления учебной деятельностью студентов для повышения качества обучения.

Ключевые слова: биология, медицинское образование, интерактивные технологии, электронные атласы, социальная сеть

INTERACTIVE TECHNOLOGY AS A MEANS OF OPTIMIZATION OF STUDYING BIOLOGY IN MEDICAL SCHOOL

Petrova M.B., Struchkova I.V., Kharitonova E.A., Kurbatova L.A., Pavlova N.V.

Tver State Medical University, Tver, e-mail: pmargo-2612@mail.ru

The article focuses on the topical problems of higher medical education and ways of their implementation in the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Tver State Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation (FSBEI HE Tver SMU MOH Russia). The article deals with the use of interactive teaching methods in the preparation of first-year students of the medical University on the basic discipline «Biology». The experience of creating and using by the teachers of the Biology Department of electronic textbooks-atlases for independent work of students as well as the use of the social network and the electronic library «Consultant student» in the educational process are shown and the efficiency of applied methods is evaluated. The role of active teaching methods in the formation of General cultural and professional competences of a specialist is shown, since the introduction of interactive educational technologies in the learning process corresponds to the interests and needs of students in the modern socio-economic conditions of global informatization. The accumulated experience has shown that these technologies have proved effective in the implementation of virtual communication and active interaction among students, students and teachers in a popular form for the modern generation. The success of social networks is explained by the ability to communicate in a familiar environment openly and at ease, without regard to the status of the interlocutor. It is planned to further search for new forms of virtual interaction and management of students' learning activities for improving the quality of education.

Keywords: biology, medical education, interactive technologies, electronic atlases, social network

Реалии современного мира, задача интеграции отечественной высшей школы в мировую образовательную систему диктуют необходимость совершенствования подготовки выпускников медицинских вузов, повышения их профессионализма и конкурентоспособности на рынке труда. Необходимым качеством будущих специалистов должно быть стремление к постоянному обогащению и обновлению приобретенных знаний на протяжении всей трудовой деятельности и умение ориентироваться в потоке информации. Выпускник медицинского вуза, согласно ФГОС ВО, освоивший программу специалитета, должен обладать общепрофессиональной компетенцией 1: готовностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности с использованием информационных, библиографических ресурсов, медико-биологической терминологии, информационно-коммуникационных технологий и учетом основных требований информационной безопасности [1–3]. В этих условиях тип образовательно-воспитательных отношений, при котором преподаватель высшей школы передает готовый опыт и организует пассивную познавательную деятельность учащихся, утратил свою актуальность [4, 5]. Решение проблемы подготовки квалифицированных кадров в условиях стремительного развития общественно-экономических отношений, возрастания объема информации, расширения спектра технических средств и медицинского оборудования невозможно без использования в учебном процессе инновационных компьютерных, виртуальных технологий, позволяющих сделать процесс обучения активным, развивающим, мотивационным [6–8]. Организовать активное взаимодействие между учащимся и информационной системой получения знаний возможно с помощью различных интерактивных технологий [9, 10]. Изучение отечественной литературы, свидетельствующее о значимости информационных технологий во всех сферах жизни и новых требованиях к организации и результативности образовательного процесса, в частности в подготовке специалистов медицинского профиля, определило цель написания данной статьи: проанализировать опыт применения интерактивных технологий и оценить их эффективность в осуществлении активной виртуальной коммуникации между субъектами образовательного процесса в медицинском вузе.

Материалы и методы исследования

Исследование проводилось с использованием аналитического метода. В качестве материалов для определения уровня умений и знаний студентов в объеме, предусмотренном ФГОС, использованы различные формы оценочных средств (тестирование, решение ситуационных задач, собеседование), для оценки исследовательских навыков – данные рейтинга участников постерных сессий, для оценки мотивации к обучению – анкетирование студентов.

Результаты исследования и их обсуждение

В поисках возможностей повышения эффективности медицинского образования в ФГБОУ ВО «Тверской государственный медицинский университет» Минздрава РФ коллективом сотрудников кафедры биологии были разработаны и внедрены в учебный процесс интерактивные электронные атласы для студентов, обучающихся по специальностям «Лечебное дело», «Педиатрия», «Стоматология» и «Фармация». Поскольку биология – это морфологическая дисциплина, ее изучение требует наглядности. Поэтому в ходе проведения практических занятий значительная часть времени отводится на самостоятельную работу студентов с микро- и макропрепаратами. За многие годы на кафедре сформировался обширный фонд учебных таблиц, схем, рисунков, стендов, комплектов макро- и микропрепаратов и был накоплен опыт работы с различными наглядными средствами, в том числе и опыт возникающих при этом сложностей. Так, используемые ранее на занятиях папки с микрофотографиями различных учебных препаратов имели недостатки: они искажали цвет изучаемых объектов, от активного использования быстро приобретали ветхий вид и требовали постоянного обновления. Более эффективным было использование цифровых фоторамок, позволяющих демонстрировать фотографии микропрепаратов в лучшем качестве. Однако использование этих мультимедийных средств было возможным только в процессе контактной работы (на практических занятиях) и предполагало пассивную роль обучающихся: они рассматривали эти же препараты под световым микроскопом, сравнивали их с цифровым изображением и зарисовывали в рабочие тетради с целью лучшего усвоения учебного материала и более быстрого овладения практическими навыками.

Созданные электронные пособия предназначены для самостоятельной аудиторной (на практических занятиях) и внеаудиторной (в процессе подготовки к текущему, рубежному контролю знаний и промежуточной аттестации) работы студентов с текстовой и визуальной информацией, в результате чего осмысливается и закрепляется теоретический материал, приобретаются практические навыки и формируется общепрофессиональная компетенция № 1 ФГОС ВО. Интерактивные атласы посвящены основным модулям дисциплины базового блока «Биология», предусмотренной ФГОС ВО для студентов первого курса медицинского вуза: «Цитология», «Размножение и развитие» и «Медицинская паразитология».

Структура каждого атласа включает инструкцию по работе с интерактивным пособием, главную страницу и содержательную часть.

Инструкция по работе с атласом написана лаконично, доступным языком, в ней используется общеизвестная терминология, понятная в том числе и иностранным студентам.

Главная страница представляет собой схему, каждый элемент которой интерактивен. В зависимости от интересующей студента темы занятия, имеется возможность выбора соответствующей строки и перехода на новую страницу с подробным описанием интересующего его элемента, дополненного иллюстрациями, схемами и фотографиями объектов на разном увеличении. Подчеркнутые и выделенные цветом в тексте слова также являются гиперссылками. Многие схемы в атласе имеют всплывающие подсказки, содержащие название объекта или его фрагментов, поэтому студенты имеют возможность работать в режиме самоконтроля. Интерактивны и некоторые микрофотографии в тексте: при активировании фотографии мышью она сменяется другой фотографией, увеличивая или уменьшая изображение выбранного объекта.

Содержательная часть в атласах представлена в текстовом формате. Учитывая большое количество рекомендуемых для студентов базовых и дополнительных учебников и учебных пособий, по каждой теме предлагается аннотированный перечень основных понятий, который облегчает процесс работы с учебной литературой, лекционным материалом и способствует лучшему усвоению знаний во время самостоятельной подготовки. Все определения, данные в атласе, имеют краткие, четкие формулировки и доступно отображают сущность вводимых понятий, для отдельных терминов приводятся общеупотребляемые синонимы. Для лучшего визуального восприятия биологические термины приводятся либо полужирным, либо цветным шрифтом.

Каждый атлас содержит богатый иллюстративный материал. Так, атлас по модулю «Цитология» включает в себя 19 динамических схем, дающих сравнительную информацию о неклеточных и клеточных формах жизни, а также основных компонентах прокариотических и эукариотических клеток. В интерактивном режиме доступны фотографии гистологических препаратов клетки, 15 из них выполнены под светооптическим микроскопом и 17 – под электронным. Помимо микрофотографий, информацию о строении органелл содержат рисунки-схемы. Текстовый материал содержит сведения о классификации, особенностях структуры, химическом составе, локализации и функциях различных органелл клетки.

В атласе по модулю «Размножение и развитие», помимо текстового теоретического материала, приведены 17 схем, 2 таблицы, которые иллюстрируют разнообразные виды деления клеток, основные способы бесполого и полового размножения, сравнительную характеристику общих периодов сперматогенеза и овогенеза, фазы редукционного и эквационного делений мейоза. Иллюстративный материал представлен двумя рисунками, 15 фотографиями препаратов под световым микроскопом и двумя электронограммами. По ссылке студенты получают доступ к двум учебным видеофильмам «Митоз» и «Мейоз», позволяющих обобщить и закрепить пройденный учебный материал.

Атлас «Медицинская паразитология» включает в себя три раздела, посвященные протозоологии, гельминтологии и арахноэнтомологии. Каждый из них на стартовой странице содержит динамические схемы, представляющие систематику каждой группы паразитических организмов, приведенную на латинском и русском языках. Активируя ссылки, можно перейти на страницы, посвященные каждой таксономической группе и ее отдельным представителям. Текстовая информация содержит общую характеристику каждой систематической группы, а также сведения о морфологических, физиологических особенностях представителей, их географическому распространению и медицинскому значению. Иллюстрированные циклы развития позволяют студенту быстро воспринимать и обобщать учебный материал о путях и способах заражения, методах лабораторной диагностики и профилактики вызываемых паразитами заболеваний. Часть материала оформлена в форме таблиц, позволяющих систематизировать сведения, например, о локализации различных паразитов в организме человека, инвазионных для человека стадиях, патогенном действии паразита и основных симптомах паразитарных заболеваний. Для лучшего восприятия распространенности паразитарных заболеваний среди популяций людей на географических картах цветом выделен соответствующий ареал. Качественнее усвоить информацию о морфологии паразитов позволяют размещенные на одной странице микрофотографии и рисунки-схемы, это дает возможность сопоставить реальный внешний вид возбудителя с его упрощенным изображением, когда на нем выделены диагностические признаки органов, систем органов или отдельных частей тела. Жизненные циклы паразитических организмов изображают схемы, сопровождаемые указателями и текстовым пояснением. В общей сложности, в атласах модуля «Медицинская паразитология» размещено 40 схем, 8 из них динамические, 96 фотографий и 77 рисунков.

На наш взгляд, преимуществами атласов является строгая последовательность, системность, краткость и простота изложения учебного материала, соответствующая уровню восприятия учебного материала студентами первого курса. Такой подход должен способствовать формированию логических, аналитико-синтетических и сравнительно-аналитических приемов мышления обучающихся, позволяющих ассимилировать большой объем учебного материала, имеющего важное прикладное значение в будущей врачебной практике.

Общеизвестно, что информация, воспринимаемая зрительно, лучше осмысливается и запоминается. Цифровые технологии повышают качество наглядности и усиливают демонстрационный эффект, представляя изучаемые объекты более достоверно. Это обостряет познавательные процессы – восприятие материала, внимание – и развивает воображение студентов, что позволяет реализовать один из принципов интерактивного обучения – активизировать познавательную деятельность студента, ускорить процесс понимания учебного материала и повысить его эффективность.

Использование интерактивных пособий обеспечивает индивидуализацию учебного процесса. Работая с атласами в режиме обучения, студент может в любой момент вернуться в главное меню, а когда необходимо, продолжить работу на конкретной странице, таким образом, самостоятельно направлять свою познавательную деятельность, управлять ею. В этом случае он выступает субъектом учебной деятельности в большей степени, чем при пассивном обучении, и самостоятельно достигает поставленных целей.

Эмоциональный компонент поискового процесса, осознание возможностей самореализации повышает мотивацию – обучение становится осмысленным. При работе с атласами студенты взаимодействуют с образовательной средой в режиме диалога и получают опыт поиска информации, дистанционного обучения, что формирует информационные компетенции и навыки профессионально-личностного роста.

Интерактивные атласы, в отличие от бумажных вариантов наглядных пособий, доступны студентам в любое время, поскольку размещены в сети Интернет на сайте кафедры биологии ФГБОУ ВО «Тверской государственный медицинский университет» Миздрава РФ, а также в группе социальной сети. Кроме того, каждому студенту нашего университета предоставляется возможность воспользоваться учебниками и учебными пособиями электронной библиотечной системы многопрофильного образовательного ресурса «Консультант студента». Наряду с электронными носителями библиотека университета предоставляет классические бумажные экземпляры современных учебников и пособий, которые для большинства студентам-первокурсникам являются более привычными для использования. Задача преподавателя заключается не только в популяризации учебной и научной литературы на электронных носителях, но и в формировании навыков работы с такой литературой. Для этого в первом семестре обучения на первом курсе даются небольшие задания по нахождению дополнительной информации в электронной библиотеке, результаты поиска студенты фиксируют в своих рабочих тетрадях, а преподаватели имеют возможность проследить за активностью студентов. В совокупности это дает возможность обучающимся научиться более рационально распределять время для самоподготовки и оптимизировать планирование своей учебной деятельности вне зависимости от пространственной локализации.

Кроме того, использование электронных атласов решает проблему обеспеченности наглядными материалами каждого студента, так как существующий фонд наглядных пособий в связи с экономическими (сложности финансирования), организационными проблемами (отсутствие соответствующих служб, высокая стоимость микропрепаратов при их низком качестве) пополняется и обновляется недостаточно регулярно. Цифровые технологии позволяют без существенных материальных затрат при необходимости дополнять используемый банк изображений и фотографий. К данному виду работы можно привлекать студентов, создавая творческие группы. Выполнение подобного совместного проекта создает условия для творческой самореализации, взаимодействия и сотрудничества в коллективе, что развивает умение строить межличностные отношения и формирует коммуникативные навыки, необходимые в будущей профессии врача. Работа с различными источниками информации развивает у обучающихся исследовательские навыки. Не менее важен и воспитательный аспект – ответственность за порученный раздел работы, самоорганизация и дисциплина всех членов группы.

К интерактивным технологиям, применяемым на кафедре, можно отнести и использование в образовательном процессе в качестве площадки для взаимодействия социальной сети. С этой целью созданы виртуальные группы по специальностям обучения: «Лечебное дело», «Педиатрия», «Стоматология», «Фармация». С одной стороны, этот способ виртуального взаимодействия студент – преподаватель играет информационную роль, так как можно быстро сделать объявления, выложить задания в тестовой форме, электронные пособия по изучаемому модулю и теме, презентации лекций, темы реферативных сообщений, интересный новый дополнительный материал по теме занятия, иллюстрации и др. С другой стороны, мы попробовали использовать социальную сеть как один из способов формирования мотивации к обучению у студентов-первокурсников. Одна из проблем в приобретении навыков учебы в высшей школе у бывших школьников – это воспитание потребности использования новой, актуальной в данный момент информации, способность использовать дополнительную литературу помимо обязательной. Для реализации этой задачи согласно рабочей программе дисциплины каждый студент должен в рамках учебно-исследовательской работы подготовить реферативное сообщение, представить его в виде текстового материала и краткого выступления с презентацией. Помимо этого один раз в семестр объявляется конкурс на лучший постерный доклад. Предварительно обговариваются условия конкурса: участие на добровольной основе, правила оформления, высказываются пожелания по характеру представления материала. Назначается тема конкурса, подразумевающая поиск самой новой информации, например, «Наследственные заболевания и геронтология», «Современные достижения трансплантологии», «Филогенетически обусловленные врожденные заболевания у детей», «Современные методы коррекции стоматологических проявлений наследственных заболеваний» и др. Подготовленные постеры в назначенный срок представляются на конкурс, в социальной группе размещаются их фото и объявляется голосование среди студентов, причем каждый участник может проголосовать лишь за одну работу. Открытость голосования повышает активность и объективность студентов, причем мнение преподавателей в подавляющем большинстве случаев совпадает со студенческим. Если имеются расхождения в оценке исследовательских работ, назначаются, помимо трех традиционных призовых мест, дополнительные номинации «Приз студенческих симпатий» и «Приз преподавательских симпатий». Этот вид деятельности увлекает студентов, они обсуждают информацию, спорят, находят новые доказательства, а иногда и опровержение каких-либо фактов.

Накопленный опыт показал, что данные технологии оказались эффективны в осуществлении виртуальной коммуникации и активного взаимодействия между студентами, студентами и преподавателями в популярной для современного поколения форме. Успех социальных сетей объясняется возможностью общаться в знакомой среде открыто и непринужденно, без учета статуса собеседника. Учащиеся через сеть гораздо свободнее могут задавать преподавателям вопросы по учебному материалу, получать лаконичные комментарии. Такое взаимодействие предполагает инициативу студента, что создает условия для более доверительного, продуктивного общения и повышает мотивацию к обучению. Преподаватель при этом получает обратную связь: информацию о том, какие разделы предмета вызывают у студентов наибольшие затруднения, что позволяет своевременно корректировать учебные материалы. Оценив дополнительные возможности социальных сетей в организации образовательного процесса, мы предполагаем в дальнейшем искать новые формы применения виртуального взаимодействия, управления учебной деятельностью студентов для повышения качества обучения.

Заключение

Эффективность использования виртуальной коммуникации в образовательной системе преподаватель – студент подтверждается как объективно, так и субъективно. Внедрение различных интерактивных методов и электронных атласов в учебный процесс позволило добиться позитивных изменений в успешности усвоения содержания дисциплины «Биология» и повысить качество формируемых компетенций. Анализ результатов промежуточной аттестации (экзамена), которая проводилась с использованием балльно-накопительной системы, показал повышение значений итогового рейтинга студентов в среднем на 8%. Субъективно студенты также положительно оценили использованные педагогические технологии, которые, по их отзывам, способствовали более легкому запоминанию теоретического материала благодаря выстраиванию логических связей между блоками различных изучаемых модулей, одновременно развивая потребность более глубокого освоения изучаемой дисциплины.

Таким образом, включение в процесс обучения интерактивных образовательных технологий в актуальной для современного поколения форме вполне оправдано и соответствует интересам и запросам обучаемых в социально-экономических условиях глобальной информатизации. Применение подобных технологий одновременно позволяет решать задачи обучения, развития и воспитания, формируя профессиональные компетенции в соответствии с требованиями последнего образовательного стандарта, что открывает возможности для повышения качества медицинского образования в целом.

Список литературы

1. Папиян Т.Г. Современные технологии и их роль в системе образования в России / Т.Г. Папиян, В.Н. Стадникова // Научно-методологические и социальные аспекты психологии и педагогики: сборник статей Международной научно-практической конференции (10 октября 2016 г., г. Нижний Новгород). В 2 ч. Ч. 2. – Уфа: АЭТЕРНА, 2016. – С. 96–99.

2. Парахонский А.П. Интерактивные технологии в медицинском образовании // Международный журнал экспериментального образования. – 2011. – № 3. – С. 32–33.

3. Хайруллина Л.И. Интерактивные технологии обучения: преимущества модульной технологии в преподавании учебных дисциплин в вузе / Л.И. Хайруллина, Г.Н. Зиннатуллина // Вестник Казанского технологического университета КГТУ. – 2013. – № 6. – С. 323–326.

4. Абрамова О.М. Использование социальных сетей в образовательном процессе / О.М. Абрамова, О.А. Соловьева // Молодой ученый. – 2016. – № 9 (113). – С. 1055–1057; URL: https://moluch.ru/archive/113/29321 (дата обращения: 18.06.2018).

5. Ахмедова А.Т. Интеграция социальных сетей в процесс обучения / А.Т. Ахмедова, И.А. Бедретдинова // Молодежный научный форум: Гуманитарные науки: электр. сб. ст. по мат. VI междунар. студ. науч.-практ. конф. – № 6 (6); URL: https://nauchforum.ru/archive/MNF_humanities/6(6).pdf (дата обращения: 18.06.2018).

6. Колсанов А.В. Виртуальные технологии в современном медицинском образовании / А.В. Колсанов, С.С. Чаплыгин, А.С. Воронин // Вестник Самарского государственного университета. – 2011. – Вып. 85. – С. 250–254. URL: https://cyberleninka.ru/article/v/virtualnye-tehnologii-v-sovremennom-meditsinskom-obrazovanii (дата обращения: 18.06.2018).

7. Реализация компетентностного подхода в преподавании вариативной дисциплины «Биология человека» студентам медицинского вуза / М.Б. Петрова [и др.] // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 5–4. – С. 625–628.

8. Чеснокова О.С. Интерактивные и активные методы в процессе обучения // Научно-методологические и социальные аспекты психологии и педагогики: сборник статей Международной научно-практической конференции (10 октября 2016 г., г. Нижний Новгород). В 2 ч. Ч. 2. – Уфа: АЭТЕРНА, 2016. – С. 134–137.

9. Гущин Ю.В. Интерактивные методы обучения в высшей школе // Психологический журнал. – 2012. – № 2. – С. 1–18.

10. Королева Н.М. Роль интерактивного обучения в современном образовании / Н.М. Королева, И.В. Костерина // Ученые записки. Электронный научный журнал Курского государственного университета. – 2015. – Вып. 1(33). – С. 128–132. URL: https://socionet.ru/d/spz:cyberleninka:16233:15750430/http://cyberleninka.ru/article/n/rol-interaktivnogo-obucheniya-v-sovremennom-obrazovanii (дата обращения: 18.06.2018).

УДК 159.9:37.06

ИМИДЖ ПЕДАГОГА КАК ФЕНОМЕН СОЦИАЛЬНОГО ВОСПРИЯТИЯ И СТЕРЕОТИПА

Белобрагин В.В.

ЧУ ООВО «Институт экономики и культуры», Москва, e-mail: vvbelobragin@mail.ru

Статья посвящена актуальным проблемам педагогики, педагогической имиджелогии, социально-психологической науки, а также социологии, философии и многих других наук – проблеме имиджа педагога с точки зрения социального восприятия (перцепции) вообще и социальных стереотипов и установок в частности. Рассматриваются теоретические основы категории «имидж» как социально-психологического феномена, основные функции имиджа. С точки зрения автора, имидж является результатом социального восприятия и социального познания – эмоционально окрашенный образ, представление, впечатление, мнение, репутация, относящиеся как к отдельной персоне, так и к группе людей, товарам, услугам, сервису и пр., находящиеся в индивидуальном, групповом или массовом сознании. Среди основных функций автор выделяет: психологическую поддержку, коррекцию и высвечивание лучших личностно-деловых качеств, познавательную, информационную, функцию социального влияния и многое другое. Особое место уделяется теоретическому анализу категорий «социальный стереотип» и «социальные установки», а также практическому исследованию автора по выявлению социальных стереотипов, относящихся к профессии педагога (учителей-предметников и др.). Автор представляет основные данные эмпирических исследований, представляет дефиницию категории «имидж педагога», дает заключение, что социальные стереотипы – это устойчивые представления людей по отношению к каким-либо событиям, действиям, социальному поведению людей, особенностям профессиональной деятельности и пр.

Ключевые слова: имидж, имидж педагога, социальное восприятие (перцепция), социальные стереотипы, социальные установки, типизация, имиджевые стереотипы

THE IMAGE OF THE TEACHER AS A PHENOMENON OF SOCIAL PERCEPTION AND STEREOTYPE

Belobragin V.V.

Institute of Economics and Culture, Moscow, e-mail: vvbelobragin@mail.ru

The article is devoted to the actual problems of pedagogy, pedagogical image, social and psychological science, as well as sociology, philosophy and many other sciences – the problem of the teacher's image in terms of social perception (perception) in general and social stereotypes and attitudes in particular. The theoretical foundations of the category «image» as a socio-psychological phenomenon, the main functions of the image are considered. From the point of view of the author, the image is the result of social perception and social cognition – an emotionally colored image, representation, impression, opinion, reputation, relating both to a single person, and to a group of people, goods, services, services, etc., group or mass consciousness. Among the main functions the author singles out: psychological support, correction and highlighting of the best personal and business qualities, cognitive, informational, social influence function and much more. A special place is allocated to the theoretical analysis of the categories «social stereotype» and «social attitudes», as well as to the author's practical research on the identification of social stereotypes related to the profession of the teacher (subject teachers, etc.). The author presents the basic data of empirical research, presents the definition of the category «teacher's image», gives the conclusion that social stereotypes are stable representations of people in relation to any events, actions, social behavior of people, peculiarities of professional activity, etc.

Keywords: image, image of a teacher, social perception (perception), social stereotypes, social attitudes, typification, image stereotypes

Категория «имидж» уверенно вошла в оборот многих современных наук (педагогики, психологии, философии, экономики и др.), а также искусства и других сфер общественной и социальной жизни. Актуальность имиджа объясняется большим его влиянием на восприятие и понимание людьми друг друга, взаимоотношения между ними, восприятие и познание социальной действительности, эффективность работы, как в производственной, творческой, так и в педагогической и научной деятельности.

Цель исследования: рассмотреть феномен имиджа как феномен социального восприятия в целом и социальных стереотипов в частности; провести эмпирическое исследование имиджа педагога с точки зрения социальных стереотипов.

Материалы и методы исследования

Теоретический анализ литературы и опрос. Проблемам имиджа педагога посвящены работы таких ученых, как Е.А. Петрова, Ж.Г. Попова, А.А. Калюжный, С.Н. Захарова, Н.М. Шкурко и др. Исследования ученых сводятся к мнению, что позитивный имидж педагога играет важную роль в педагогическом процессе в целом, а именно влияет на мотивационную сферу, самооценку педагога, а также высокую оценку профессиональной компетентности и репутации педагога в целом со стороны обучающихся, родителей, коллег и многое другое [1, 2].

Что касается имиджа в целом, он определяется многими исследователями как форма отражения субъектом объекта социального восприятия или как инструмент социального управления. С нашей точки зрения, имидж – эмоционально окрашенный, носящий стереотипный характер образ-представление, это впечатление, мнение (индивидуальное, групповое, общественное и др.), репутация как результат социального восприятия (перцепции), как прямого, так и косвенного, касающиеся отдельной персоны, группы людей, организации, отдельного товара, сервиса, услуги, любого социального предмета или явления, находящиеся в индивидуальном или массовом сознании.

Можно выделить следующие основные функции имиджа: психологическая поддержка; социально-символическое опознавание или отождествление; социально-психологическая (коммуникативная) коррекция отдельной персоны; самопрезентация личностно значимых и деловых качеств персоны; комфортизация межличностных и деловых отношений; создание необходимого мнения, репутации у целевой аудитории; социальное влияние; популяризация различных услуг, товаров и брендов; креативная функция (реализация творческих способностей и пр.); эстетическая функция; познавательная функция; информационная функция и др.

Функции делятся также на явные (открытые) и неявные (скрытые). Явные функции открыто провозглашают реальные цели и задачи, через неявные функции имидж носит манипулятивный характер, это проявляется в том, что создается внешне благоприятный и в целом позитивный имидж персоны или корпорации, товара или услуги, территории и т.д., которые в действительности такими не являются, то есть это искусственно создаваемый имидж, который может быть и ложным [3–5].

Носителем (объектом) имиджа могут быть человек, группа людей, организация, территория, товар, услуги и т.п. В качестве аудитории имиджа (субъектом) выступает отдельная персона и (или) социальная группа.

Можно выделить следующие основные типы (виды) имиджа, среди них: персональный, в том числе и профессиональный имидж – это имидж отдельной персоны в целом и представителя определенной профессии в частности (имидж педагога и пр.); корпоративный – имидж организации, фирмы, учреждения и др. (имидж учебного заведения и т.п.); предметный имидж – имидж отдельных предметов (например, имидж камня, золота, предмета мебели и пр.); имидж образования (имидж образовательного процесса в конкретном учебном заведении и др.); имидж торговой марки, бренда или товара; имидж качества (жизни, товаров, выполняемых услуг, образования, сервиса и др.) и другие.

Исследования педагогической, имиджелогической и социально-психологической наук подтверждают, что имидж относится в первую очередь к группе социально-психологических феноменов и подчиняется всем их основным законам, что особенно важно для профессиональной деятельности современного педагога, среди них: человек – существо социальное, он зависим от своего социального окружения (социальной группы и т.п.) и его ожиданий и предписаний; поведение человека в любой социальной группе определяется стереотипами – обобщенными и упрощенными представлениями, например, о «стандартном» (необходимом) внешнем облике представителя конкретной профессии и др.; отношение всей группы к отдельной персоне влияет на то, как именно к нему будут относиться ее отдельные члены; в различных социальных группах один и тот же человек может иметь разную репутацию и в целом разный имидж в представлении членов этих групп и др.

Имидж динамичен, его атрибуты преобразуются, видоизменяются в соответствии с изменениями в самом носителе (коррекция персонального имиджирования и пр.) или в групповом сознании.

Итак, феномен имиджа основан на том, что человек подвержен социальному окружению, социальному влиянию и стереотипам. Рассмотрим социальные стереотипы как феномен педагогики, социальной психологии и имиджелогии.

Стереотип – в переводе с греческого языка означает «твердый отпечаток». В социально-психологической науке категория «социальный стереотип» означает устойчивый и упрощенный образ социального объекта (личности, событий, явлений и т.д.). По мнению Е.В. Змановской, «социальные стереотипы могут быть позитивными и негативными. Выполняя положительные функции, стереотипы, по мнению автора, существенно облегчают нашу жизнь. Они ускоряют восприятие, задают критерии для оценок, приобретают форму полезного знания, ориентируют в социальных ценностях. Они также лежат в основе общего взгляда людей на различные проблемы и создают благоприятную почву для взаимопонимания» [6].

Стереотип, который возникает при социальном восприятии, имеет свои особенности. По мнению М.Р. Битяновой, стереотип возникает на основе ограниченного прошлого опыта и в силу принадлежности человека к какой-либо профессии. Здесь можно говорить о таком феномене, как стереотипизация социального восприятия [7]. Этот феномен, по мнению педагогической и социально-психологической наук, может привести к упрощению социального познания, а также к возникновению определенных предубеждений, к формированию «клише» по отношению к воспринимаемым людям и явлениям.

Одновременно стереотипы способны и искажать социальную действительность. Здесь они упрощают наше восприятие и представление о том или ином объекте, формируют неточное (ошибочное) мнение. Отрицательные (негативные) стереотипы могут проявляться, например, в различных предрассудках, относящихся к половозрастной принадлежности к педагогической деятельности, внешнему облику представителей педагогических профессий, а также в житейских предрассудках, ритуалах, полоролевых, этнических и прочих предубеждениях.

Термин «социальный стереотип» во многом близок понятию «социальная установка» (или «аттитюд») – внутренняя готовность человека (субъекта) воспринимать и (или) взаимодействовать с другой персоной определенным образом.

В целом социальные стереотипы и установки могут проявляться в следующих основных формах: стереотипные ритуалы и действия; доминирующее поведение и чувства; обобщенные представления о ком-либо или о чем-либо; устойчивые правила и запреты; социальные клише и ярлыки; общественное мнение; доминирующие ценности.

В науке выделяют еще один социальный феномен, «типизация». Оно выражается в том, что в нашем сознании имеются некие обобщенные образы, клише, которые мы используем в качестве своеобразного эталона для оценки и сравнения. Применительно к имиджу, это образы конкретных известных персон или исторических и литературных героев, ставших узнаваемыми, благодаря сложившемуся узнаваемому типажу (например, «доктор Айболит», «Баба Яга», «Иван Царевич», «гламурная дама», «король гламура», «новый русский», «примадонна эстрады») и т.д.

Мы видим, что социальные стереотипы – это устойчивые представления людей по отношению к каким-либо событиям, действиям, социальному поведению других людей, особенностям профессиональной деятельности и пр. Поэтому имидж крайне связан с этим феноменом, так как социальный стереотип является составной частью имиджа, показателем его влияния на объект имиджирования. Любой персональный (профессиональный) или корпоративный имидж, в том числе и в педагогической деятельности, часто строится на основе социальных стереотипов и установок.

Исследуя имидж современного педагога, важно рассмотреть важные стереотипы, имеющие отношение к его профессиональной принадлежности. Выявим основные характеристики социальных стереотипов, имеющих отношение к профессиональной принадлежности (профессиональному имиджу) учителей-предметников средней общеобразовательной школы, проведя специальное исследование, используя метод опроса, в которых приняли участие в 2017–2018 гг. студенты московских педагогических вузов (60 человек: 32 девушки и 28 юношей от 19 лет до 21 года). Были представлены для рассмотрения следующие учителя в зависимости от преподаваемой дисциплины: учитель русского языка и литературы, учитель математики, учитель физики, учитель физической культуры, а также педагог как обобщенный имиджевый портрет.

Результаты исследования и их обсуждение

Испытуемым предлагалось обозначить основные характеристики имиджа с точки зрения стереотипных представлений учителей нескольких школьных дисциплин.

Учитель русского языка и литературы: «немолодая женщина», «строгий классический костюм», «собранные в пучок волосы», «легкий макияж у женщин», «белый верх и черный низ», «надетые очки», «серая мышь», «закрытая поза», «поза задумчивости», «спокойный и негромкий голос», «интеллигентность», «высокая образованность», «старомодность», «консерватизм», «требовательность», «строгость» и др.

Учитель математики: «как правило, мужчина средних лет и старше», «неаккуратно причесаны волосы», «в целом короткая стрижка или залысина», «небольшого роста», «костюм не подобран по стилю», «белый верх и черный низ», «старомодный костюм», «надетые очки», «беглый взгляд», «поза задумчивости», «немного занудный(-ая)», «очень строгий(-ая)», «требовательный(-ая)», «принципиальный(-ая)», «консерватор», «феноменальная память» и др.

Учитель физики: «прическа с легкой небрежностью», «седой(-ая)», «борода», у женщин – «немодный костюм и собранные в пучок волосы», «в целом непривлекательный внешний облик», «старомодный костюм», «закрытые позы», «поза задумчивости», «сонный взгляд», «внешне невзрачный человек со странным поведением», «всегда в очках», «с указкой», «немного занудный(-ая)», «очень строгий(-ая)», «консерватор», «физик-лирик», «феноменальная память» и т.д.

Учитель физической культуры: «молодой(-ая)», «всегда в спортивном костюме», «со свистком», «спортивный внешний облик у мужчин», «учитель-мужчина всегда высокого роста», «женщины – с излишками веса и небольшого роста», «закрытые позы», «хриплый» голос (и у женщин, и у мужчин)», «командный голос», «поведение чаще агрессивное», «бывший спортсмен», «спортсмен-неудачник» и др.

Педагог: «всегда строг», «опрятный и доброжелательный внешний вид», «имеет определенный (специфический) внешний облик: строгий костюм, собранные в пучок волосы (у женщин), наличие бороды (у мужчин-физиков, математиков, географов)», «белый верх и черный низ», «надетые очки», «отсутствие модных аксессуаров и украшений», «в руках указка или мел», «угрюмый и грозный взгляд», «зрелый возраст», «высоко интеллектуален», «образован», «одинок», «несчастен в любви», «зануда», «требовательный(-ая)», «принципиальный(-ая)», «консерватор» и другое.

Заключение

Итак, исследования автора дают возможность дать следующее определение понятию «имидж педагога», – это стереотипные представления, носящие дифференцированный характер, о визуальном облике, качествах личности, социально-ролевых характеристиках, профессиональном мастерстве, принадлежности к определенной специализации (научному направлению и т.п.) и его репутации, находящиеся в массовом, групповом и (или) индивидуальном сознании.

При этом внешний имидж педагога (учителя школы и др.) включает в себя его физические особенности (рост, телосложение и пр.), костюм (все его компоненты), невербальные особенности, которые он транслирует аудитории. Студенты чаще всего называли такие характеристики, как «небольшого роста», «старомодный костюм», «всегда в очках», «собранные в пучок волосы» (у женщин), «в целом короткая стрижка или залысина», «борода» (у мужчин), «в целом непривлекательный внешний облик», «закрытая поза», «угрюмый и грозный взгляд», «в руках указка или мел», и др.

Внутренний имидж – особенности интеллекта, характера, темперамента, коммуникативные качества, самооценка, профессионализм, ценностные ориентации личности, хобби, деловая репутация, профессиональное мастерство, педагогические и научные достижения, профессиональный опыт и многое другое. Испытуемые чаще называли следующие характеристики: «очень строгий(-ая)», «принципиальный(-ая)», «консерватор», «высоко интеллектуален», «образован(-на)», «феноменальная память», «немного занудный(-ая)», и др.

При этом существуют половозрастные различия в стереотипных представлениях об учителях разных предметов: учителя гуманитарных наук преимущественно женщины средних лет и старше, естественных наук – мужчины среднего и старшего возраста, учителя физической культуры – молодые мужчины и реже женщины.

Исследования показывают, что наша социальная жизнь во многом зависима от социальных стереотипов, они – результат нашего жизненного опыта, социальных установок и социального влияния в целом, в том числе и влияния различных коммуникативных каналов (средств массовых коммуникаций, «сарафанного радио» и др.).

Стереотипы проявляются не только в форме ригидных убеждений. Стереотипными могут быть не только представления о ком-либо или о чем-либо, но и наши действия и побуждения. Поэтому каждый педагог и средней школы, и высшего учебного заведения должен понимать и правильно оценивать свой профессиональный имидж с точки зрения социального восприятия (как воспринимают и оценивают его ученики и родители, студенты, коллеги, средства массовой информации и др.).

На наш взгляд, следует условно отметить следующие эталонные имиджевые характеристики современного педагога: в целом здоровый и привлекательный внешний облик; строгий современный (не старомодный) костюм; ухоженные волосы и опрятная прическа; легкий макияж у женщин; нормальное телосложение; открытый и доверительный взгляд; белые и ровные зубы; приятно звучащий тембр голоса; исключительно грамотная речь; выразительность жестов; «живой» ум и остроумие; профессиональная педагогическая компетентность; психологическая и социально-коммуникативная компетентность; правдивость; моральная устойчивость; динамичность; артистичность; стремление к самообразованию и повышению квалификации и многое другое.

Выделим некоторые практические рекомендации: педагог должен заботиться о том, как он себя представляет окружающим, что именно транслирует; к любой профессиональной ситуации следует досконально готовиться с целью произвести адекватное и всегда благоприятное впечатление на конкретного человека или социальную группу; в деловом и профессиональном общении необходимо тщательно продумывать порядок предоставления информации, так как, по мнению ученых, наиболее позитивную и значительную следует предоставлять в самом начале выступления или письменного послания; для повышения значимости собственного имиджа целесообразно выступать первым, например, в дискуссии, на научной конференции, родительском собрании и пр.

Итак, социальные стереотипы, имеющие отношение к деятельности педагога – это устойчивые представления по отношению к особенностям профессиональной деятельности, компетентности и успешности педагога: стилю работы, статусу, опыту и др., а также особенностям внешнего облика (костюм, прическа, невербальные коммуникации и пр.), социального поведения, представления о половозрастных различиях и другое.

Все перечисленные особенности играют огромную роль в процессе создания, поддержания и коррекции персонального (профессионального) имиджа современного педагога (учителя-предметника), что, безусловно, влияет на его профессиональную успешность.

Список литературы

1. Петрова Е.А. Имидж учителя в современной России / Е.А. Петрова, Н.М. Шкурко. – М.: РИЦ АИМ, 2006. – 102 с.

2. Захарова С.Н. Имидж педагога как составляющая профессиональной компетентности / С.Н. Захарова // Молодой ученый. – 2016. – № 5.1. – С. 16–18.

3. Белобрагин В.В. Психология имиджа: учебно-метод. пособие / В.В. Белобрагин. – М.: Научный консультант, 2018. – 72 с.

4. Белобрагин В.В. Технологии формирования персонального образа потребителя: Учеб. пособие / В.В. Белобрагин. – М.: «Спутник +», 2016. – 49 с.

5. Петрова Е.А. Имиджелогия: Избранные труды: монография / Е.А. Петрова. – М.: РИЦ АИМ, 2011. – 204 с.

6. Змановская Е.В. Руководство по управлению личным имиджем / Е.В. Змановская. – СПб.: Речь, 2005. – 144 с.

7. Битянова М.Р. Социальная психология: учебное пособие / М.Р. Битянова. – 2-е изд. – СПб.: Питер, 2010. – 368 с.

УДК 159.9

ОСОБЕННОСТИ ПСИХОЛОГИЧЕСКОГО ЗДОРОВЬЯ У ДЕТЕЙ С ТЯЖЕЛЫМ ОРТОПЕДИЧЕСКИМ ЗАБОЛЕВАНИЕМ

[1]Пятакова Г.В., [2]Кудрявцева С.В., [3]Оконешникова О.В., [1]Виссарионов С.В.

[1]ФГБУ «Научно-исследовательский детский ортопедический институт им. Г.И. Турнера» Минздрава России, Санкт-Петербург, e-mail: pyatakova@yandex.ru;
[2]ЧОУ ВО «Восточно-Европейский институт психоанализа», Санкт-Петербург;
[3]Санкт-Петербургский университет противопожарной безопасности МЧС России, Санкт-Петербург

Целью исследования было изучение специфических показателей психологического здоровья у детей в ситуации болезни (на примере тяжелого ортопедического заболевания). Было обследовано 17 пациентов с диагнозом «артрогрипоз» в возрасте от 10 до 12 лет. Все дети имели сохранные возможности интеллектуального развития, находились на лечении в детской ортопедической клинике. Для сравнения было обследовано 25 здоровых детей со сходными половозрастными и интеллектуальными характеристиками. Было показано, что характеристики психологического здоровья у больных и здоровых детей ситуационно обусловлены и связаны с оптимальным способом адаптации в условиях здоровья и болезни. У здоровых детей преобладает активный способ адаптации к социуму. В качестве показателей психологического здоровья можно рассматривать характеристики оптимистического атрибутивного стиля, удовлетворенности психосоциальным статусом и черту личности «энергичность». Выделены специфические показатели психологического здоровья детей с тяжелым ортопедическим заболеванием. Показано, что характеристики психологического здоровья в ситуации, связанной с тяжелым ортопедическим заболеванием, определяются пассивным способом адаптации в условиях болезни, проявляются в специфических чертах стиля атрибуции, сниженной внешней активности, тревожности, ответственности и высоком уровне самоконтроля.

Ключевые слова: психологическое здоровье, адаптация к хроническому заболеванию, ортопедическое заболевание артрогрипоз, личностные черты, пессимистический и оптимистический атрибутивные стили, копинг-стратегии, самооценка психосоциального статуса, кластерный агломеративный анализ

PECULIARITIES OF PSYCHOLOGICAL HEALTH IN CHILDREN WITH SEVERE ORTHOPEDIC DISEASES

[1]Pyatakova G.V., [2]Kudryavtseva S.V., [3]Okoneshnikova O.V., [1]Vissarionov S.V.

[1]Federal State Budgetary Institution (FSBI) The Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopedics under the Ministry of Health of the Russian Federation, Saint-Petersburg, e-mail: pyatakova@yandex.ru;
[2]East European Institute of psychoanalysis, Saint-Petersburg;
[3]Saint-Petersburg University of State Fire Service of Emercom of Russia, Saint-Petersburg

The aim of the study was to study the specific indicators of psychological health in children in the situation of the disease (for example, severe orthopedic disease). Were examined in 17 patients with a diagnosis of «arthrogryposis» in the age of 10 to 12 years. All the children had preserved opportunities for intellectual development, were treated in the children's orthopedic clinic. For comparison, 25 healthy children with similar age and intellectual characteristics were examined. It was shown that the characteristics of psychological health in patients and healthy children are situational and associated with the optimal way of adaptation to health and disease. Healthy children have an active way of adaptation to society. As indicators of psychological health can be considered characteristics of optimistic attribute style, satisfaction with psychosocial status and personality traits «energy». Specific indicators of psychological health of children with severe orthopedic disease are identified. It is shown that the characteristics of psychological health in the situation associated with severe orthopedic disease are determined by the passive way of adaptation in the conditions of the disease, are manifested in the specific features of the style of attribution, reduced external activity, anxiety, responsibility and a high level of self-control.

Keywords: psychological health, adaptation to chronic disease, orthopedic disease of arthrogryposis, personality traits, pessimistic and optimistic attributive styles, coping strategies, self-assessment of psychosocial status, cluster agglomerative analysis

Термин «психологическое здоровье» (в отличие от психического здоровья) отражает донозологический уровень адаптации личности. В качестве критериев психологического здоровья в детском возрасте рассматривают умение находить собственные ресурсы в трудной жизненной ситуации и степень адаптации ребенка к социуму [1]. Выделяют внешние и внутренние адаптационные ресурсы. Под внутренними ресурсами подразумеваются соматические или индивидуально-психологические характеристики человека, определяющие его способность адекватно реагировать на неблагоприятные ситуационные факторы [2]. Феноменология нарушений психологического здоровья представлена личностными эмоциональными и поведенческими проблемами, которые представляют собой донозологические формы социально-психологической адаптации [3–5].

Эпидемиологические исследования показывают, что заболевания опорно-двигательной системы в структуре детских заболеваний занимают первое место [6; 7]. Дети с двигательными нарушениями оказываются в сложных условиях развития: психогенная травматизация в связи с наличием физического дефекта, воздействие микросоциального окружения, частые госпитализации, переживание ряда медицинских манипуляций создают трудную жизненную ситуацию, преодоление негативных последствий которой требует от ребенка дополнительных усилий, использования психологических ресурсов. Речь идет, прежде всего, о личностных ресурсах, таких как позитивное отношение к жизни, самому себе и другим людям; эмоциональная устойчивость и психологическая зрелость; готовность к сотрудничеству с другими людьми; социальный интеллект; локус контроля; волевые качества; умение ставить цели и добиваться их реализации [3; 5].

Артрогрипоз относится к наиболее тяжелым врожденным порокам опорно-двигательного аппарата с недоразвитием мышц и деформацией суставов. Данное заболевание характеризуется выраженной скованностью движений и контрактурами суставов в сочетании с гипоплазией мышечной и соединительной ткани. Для ребенка, страдающего артрогрипозом, характерны деформация бедер, суставов рук, слабость пальцев рук и ног, искривление позвоночника и другие симптомы. Трудность лечения данного заболевания объясняется глубокими изменениями всех тканей верхних и нижних конечностей и необходимостью проведения как можно более раннего оперативного вмешательства. Заболевание во многих случаях приводит к тяжелой инвалидности. При этом умственные способности, как правило, сохранны, что позволяет при правильном воспитании сформировать у ребенка адаптивные стратегии совладания с тяжелым хроническим заболеванием.

Выборка детей с заболеванием артрогрипоз может быть адекватной моделью для изучения психологического здоровья, поскольку, с одной стороны, это тяжелое заболевание опорно-двигательного аппарата, нарушающее адаптацию в социуме, с другой – исследователи отмечают отсутствие видимых психопатологических расстройств у данной категории больных.

Цель исследования: сравнительное исследование параметров психологического здоровья у больных с тяжелыми нарушениями опорно-двигательного аппарата (на примере артрогрипоза) и здоровых детей.

Материалы и методы исследования

Дизайн исследования предполагал исследование психологического здоровья больных и условно здоровых детей, имеющих сходные половозрастные и социально-статусные характеристики (состав и положение семьи; обучение по общеобразовательной программе), а также психическое развитие в рамках возрастной нормы.

Выборку детей с диагнозом «артрогрипоз» составили 17 пациентов 10–12 лет (9 мальчиков, 8 девочек), находящихся на лечении в Научно-исследовательском детском ортопедическом институте имени Г.И. Турнера. Все дети обучались по общеобразовательной программе (53% детей с артрогрипозом посещали общеобразовательные учреждения), признаков интеллектуального снижения выявлено не было. Среди детей с артрогрипозом лишь 25% могли передвигаться без использования вспомогательных средств. Все обследуемые перенесли оперативные вмешательства, более 50% детей с двигательными нарушениями были оперированы неоднократно.

Выборка условно здоровых детей включала в себя 25 учащихся общеобразовательного учреждения в возрасте 10–12 лет (16 мальчиков и 9 девочек).

Подбор методик осуществлялся с учетом цели исследования с тем, чтобы инструментарий отражал характеристики психологического здоровья: атрибутивный стиль; личностные черты; поведенческие и эмоциональные характеристики; самооценку качества жизни. Основные методики: «Опросник стиля атрибуции детей» – ОСАД (адаптация Д.А. Циринг и Н.А. Батурина методики CASQ М. Селигмана) [8], многофакторный личностный опросник Р. Кеттела (детский вариант) [9], опросник копинг-стратегии (И.М. Никольская, Р.М. Грановская) [6], шкала Пирса – Харриса [10], методика фрустрационной толерантности С. Розенцвейга (детский вариант) [11].

Мощным фактором адаптации является чувство самоэффективности, которое отражается в оптимистическом атрибутивном стиле личности. В противовес ему существует пессимистический атрибутивный стиль, для которого характерно ощущение беспомощности, склонность к чувству вины, фрустрированность и более низкая самооценка; таким детям больше свойственны экстрапунитивные реакции с фиксацией на самозащите, меньшая адаптированность к социальному окружению. Для изучения атрибутивного стиля использовался опросник ОСАД.

В методике выделяется шесть категорий: категории персонализации, устойчивости и генерализации для плохих событий и персонализации, устойчивости и генерализации для хороших событий:

– устойчивость хорошего» – УХ (хорошее воспринимается как устойчивое во времени, как то, что существует постоянно);

– «устойчивость плохого» – УП (плохое воспринимается как устойчивое во времени, как то, что существует постоянно);

– «персонализация хорошего» – ПХ (человек воспринимает себя, а не внешний мир как причину хороших событий, которые с ним происходят);

– «персонализация плохого» – ПП (человек воспринимает себя, а не внешний мир как причину плохих событий, которые с ним происходят);

– «генерализация хорошего» – ГХ (хорошее воспринимается как происходящее во многих сферах жизни, а не в одной);

– «генерализация плохого» – ГП (плохое воспринимается как происходящее во многих сферах жизни, а не в одной).

Помимо шести исходных категорий выделяются ещё четыре производных показателя:

– «показатель надежды» (ПН) – сумма показателей по категориям «устойчивость плохого» (УП) и «генерализация плохого» (ГП);

– «сумма хорошего» (ΣХ), представляющий собой сумму показателей по трём параметрам для хороших событий;

– «сумма плохого» (ΣП), являющаяся суммой показателей по трём параметрам для плохих событий;

– разность «суммы хорошего» и «суммы плохого» (Х-П).

Методика Пирса – Харриса предназначена для изучения субъективной оценки различных сторон жизни в существующих обстоятельствах, удовлетворенности ребенка (или подростка) своим физическим, психическим и социальным статусом. Шкалы методики Пирса – Харриса позволяют понять, как подросток оценивает:

1) свое поведение с точки зрения соответствия требованиям взрослых («поведение»);

2) свою школьную успешность («интеллектуальный и школьный статусы»);

3) свою внешность («внешность»);

4) уровень эмоционального благополучия («тревожность»);

5) популярность среди сверстников и умение общаться («популярность»);

6) переживание удовлетворенности жизненной ситуацией, реалистичность оценки («счастье и удовлетворенность»);

7) физическое и психическое здоровье («здоровье»);

8) уверенность в своей социальной компетентности («психосоциальный статус»).

Методика для исследования личностных черт младших школьников разработана Р.Б. Кеттелом и Р.В. Коаном; она включает в себя 12 факторов (шкал), отражающих качества личности. Каждый личностный фактор проявляет себя биполярными характеристиками:

1) фактор А – замкнутость/общительность;

2) фактор В – сформированность интеллектуальных функций;

3) фактор С – эмоциональная неустойчивость/эмоциональная стабильность;

4) фактор D – флегматичный /реактивный, легко возбудимый;

5) фактор Е – зависимость /доминантность;

6) фактор F – рассудительность /энергичность, склонность к риску;

7) фактор G – безответственность /добросовестность;

8) фактор Н – робкий /социально смелый;

9) фактор I – реалистичность /чувствительность, зависимость от других;

10) фактор О – безмятежность, оптимистичность /тревожность;

11) фактор Q3 – низкий самоконтроль /высокий самоконтроль;

12) фактор Q4 – расслабленность /фрустрированность.

Методика фрустрационной толерантности Розенцвейга (в дальнейшем сокращенно – МФТ) относится к классу проективных; она состоит из 24 контурных рисунков, изображающих фрустрирующие ситуации, которые можно разделить на две группы: 1) ситуации «препятствия»; 2) ситуации «обвинения» (Е.Е. Данилова, 1992). Каждый ответ обследуемого оценивается по двум критериям: по направлению реакции и по типу реакции.

По направлению реакции разделяются на:

Экстрапунитивные (E) – открытое выражение агрессии, направленное на живое или неживое окружение, осуждение внешней причины фрустрации, опора на другое лицо для разрешения ситуации.

Интропунитивные (I) – направление агрессии на самого себя, принятие вины или ответственности за исправление фрустрирующей ситуации.

Импунитивные (M) – фрустрирующая ситуация рассматривается как нечто незначительное, преодолимое со временем; подчеркивается отсутствие чьей-либо вины.

По типам реагирования реакции разделяются на:

Препятственно-доминантные (O-D). Акцент на наличии или отсутствии препятствия.

Самозащитные (E-D). В ответе обследуемого доминирует защита своего «Я»: активность в форме порицания кого-либо, отрицание или признание собственной вины, уклонение от упрека.

Необходимо-упорствующие (N-P). Фиксация на удовлетворении потребности; на разрешении фрустрирующей ситуации тем или иным способом.

Важным показателем методики является показатель GCR – коэффициент групповой конформности – мера индивидуальной адаптации субъекта к своему окружению. Он определяется путем сравнения ответов испытуемого с выборкой стандартизации соответствующего возраста и пола.

Для обработки полученных результатов использовались статистический критерий Манна – Уитни, коэффициент ранговой корреляции Спирмена. Одна из задач обработки – это проведение типологического анализа, который обеспечивался кластерным анализом с устойчивым решением (бутстреп-моделирование). Бутстреп-моделирование позволяет описывать только устойчивые характеристики, все неустойчивые взаимосвязи между переменными исключаются. Мерой связи в кластерном анализе служит коэффициент корреляции Спирмена.

Результаты исследования и их обсуждение

Для выявления специфических показателей психологического здоровья в группе здоровых и больных детей была применена процедура бутстреп-моделирования, позволившая выделить две устойчивые плеяды статистически значимых корреляционных связей.

Плеяда «здоровые дети» (табл. 1) представлена прямыми корреляционными связями с самооценочными показателями «счастья-благополучия» и «здоровья» (по методике Пирса – Харриса); показателями оптимистического атрибутивного стиля («сумма хорошего»; «устойчивость хорошего»; «преобладание хороших событий над плохими» – по методике ОСАД), показателем социальной адаптированности в ситуации фрустрации (по методике фрустрационной толерантности С. Розенцвейга), с личностным параметром, определяющим поведенческую энергичность, активность, склонность к риску (фактор F по личностному опроснику Кеттела). Непрямые связи в плеяде «здоровые дети» группируются вокруг показателя «устойчивость хорошего» и включают в себя переменные, характеризующие оптимистический атрибутивный стиль, а также личностную черту «энергичность».

Вошедшие в данную плеяду показатели обеспечивают хорошую адаптацию ребенка в социуме и, соответственно, могут быть истолкованы как проявления психологического здоровья ребенка.

Плеяда «больные дети» (табл. 2) включает в себя характеристики пессимистического атрибутивного стиля («сумма плохого», «устойчивость плохого», «генерализация плохого»; «персонализация плохого», «показатель надежды») и личностные параметры («тревожность»; «высокий самоконтроль»). Таким образом, в центре корреляционной плеяды детей с тяжелыми нарушениями опорно-двигательного аппарата оказались показатели пессимистического атрибутивного стиля.

В плеяде «больные дети» также присутствуют опосредованно связанные с болезнью личностные и поведенческие показатели: «ответственность», «фиксация на препятствии в ситуации фрустрации». Дополнительный сравнительный анализ групп условно здоровых и больных детей с помощью критерия U Манна-Уитни на 5% и 1% уровне значимости дополнительно подтверждает различия в личностных чертах. Больные артрогрипозом статистически достоверно (на 0,1% уровне) отличаются от здоровых детей тем, что им более свойственны рассудительность, осторожность, серьезность, нежели склонность к риску и беспечность (шкала F). У детей с артрогрипозом наблюдается значимое (на 5% уровне) превышение показателей по шкале G, таким образом, можно говорить о более выраженном чувстве ответственности, добросовестности. Показатели по шкале O в норме (и в группе условно здоровых) имеют тенденцию к низким значениям, в то время как больные артрогрипозом характеризуются средними показателями, и на 5%

Таблица 1

Корреляционные связи в плеяде «здоровые дети»

Сравниваемые параметры, входящие в плеяду		Коэффициент корреляции Спирмена ρ, значимость
«условно здоровый ребенок»	«счастье и удовлетворенность» (методика Пирса – Харриса)	$\rho = 0{,}37$, $p \leq 0{,}01$
«условно здоровый ребенок»	«здоровье» (методика Пирса – Харриса)	$\rho = 0{,}44$, $p \leq 0{,}01$
«условно здоровый ребенок»	«сумма хорошего» – Х (методика ОСАД)	$\rho = 0{,}49$, $p \leq 0{,}01$
«условно здоровый ребенок»	«устойчивость хорошего» – УХ (методика ОСАД)	$\rho = 0{,}45$, $p \leq 0{,}01$
«условно здоровый ребенок»	«преобладание хороших событий над плохими» – ОСАД.Х-П)	$\rho = 0{,}60$, $p \leq 0{,}01$
«условно здоровый ребенок»	«нормативность поведения» (показатель GCR в МФТ)	$\rho = 0{,}42$, $p \leq 0{,}01$
«условно здоровый ребенок»	«энергичность, активность» – 12PF.F	$\rho = 0{,}71$, $p \leq 0{,}001$
«устойчивость хорошего» – ОСАД.УХ	«преобладание хороших событий над плохими» – ОСАД.Х-П	$\rho = 0{,}75$, $p \leq 0{,}001$
«устойчивость хорошего» – ОСАД.УХ	«сумма хорошего» – ОСАД.Х	$\rho = 0{,}82$, $p \leq 0{,}001$
«устойчивость хорошего» – ОСАД.УХ	«генерализация хорошего» – ОСАД.ГХ	$\rho = 0{,}43$, $p \leq 0{,}01$
«устойчивость хорошего» – ОСАД.УХ	«энергичность, активность» – 12PF.F	$\rho = 0{,}54$, $p \leq 0{,}01$
«сумма хорошего» – ОСАД.Х	«преобладание хороших событий над плохими» – ОСАД.Х-П	$\rho = 0{,}80$, $p \leq 0{,}001$
«сумма хорошего» – ОСАД.Х	«персонализация хорошего» – ОСАД.ПХ	$\rho = 0{,}69$, $p \leq 0{,}01$
«сумма хорошего» – ОСАД.Х	«генерализация хорошего» – ОСАД.ГХ	$\rho = 0{,}68$, $p \leq 0{,}01$
«сумма хорошего» – ОСАД.Х	«энергичность, активность» – 12PF.F	$\rho = 0{,}58$, $p \leq 0{,}01$
«преобладание хороших событий над плохими» – ОСАД.Х-П	«персонализация хорошего» – ОСАД.ПХ	$\rho = 0{,}55$, $p \leq 0{,}01$
«преобладание хороших событий над плохими» – ОСАД.Х-П	«генерализация хорошего» – ОСАД.ГХ	$\rho = 0{,}45$, $p \leq 0{,}01$
«преобладание хороших событий над плохими» – ОСАД.Х-П	«энергичность, активность» – 12PF.F	$\rho = 0{,}66$, $p \leq 0{,}01$
«персонализация хорошего» – ОСАД.ПХ	«энергичность, активность» – 12PF.F	$\rho = 0{,}40$, $p \leq 0{,}01$

уровне значимости можно утверждать, что больным детям более свойственны тревожность, озабоченность, предчувствие неудач и предрасположенность к возникновению невротических реакций. У больных детей более высокий уровень самоконтроля, хорошее понимание социальных нормативов (на 0,1 % уровне значимости по шкале Q3), в то время как здоровые дети имеют скорее низкие значения по шкале Q3. Значимых различий по шкале Q4 (фрустрированность потребностей) не выявлено.

Таким образом, можно сделать вывод, что группа «больные дети» представлена, прежде всего, показателями пессимистического атрибутивного стиля, а также поведенческими и личностными характеристиками, указывающими на тревожность в сочетании с эмоциональной теплотой, ответственностью и высоким самоконтролем.

Атрибутивный стиль является наиболее значимым психологическим ресурсом, разделяющим группы больных и условно здоровых детей (табл. 3).

Таблица 2

Корреляционные связи в плеяде «больные артрогрипозом»

Сравниваемые параметры, входящие в плеяду		Коэффициент корреляции Спирмена ρ, значимость
«больные артрогрипозом»	«показатель надежды» – ОСАД.ПН	$\rho = 0{,}44$, $p \leq 0{,}01$
«больные артрогрипозом»	«устойчивость плохого» – ОСАД.УП	$\rho = 0{,}41$, $p \leq 0{,}01$
«больные артрогрипозом»	«сумма плохого» – ОСАД.П	$\rho = 0{,}45$, $p \leq 0{,}01$
«больные артрогрипозом»	«тревожность» (личностный опросник 12PF. фактор O)	$\rho = 0{,}37$, $p \leq 0{,}01$
«больные артрогрипозом»	«высокий самоконтроль» (личностный опросник 12PF. фактор Q3)	$\rho = 0{,}64$, $p \leq 0{,}01$
«сумма плохого» – ОСАД.П	«устойчивость плохого» ОСАД.УП	$\rho = 0{,}49$, $p \leq 0{,}01$
«сумма плохого» – ОСАД.П	«показатель надежды» – ОСАД.ПН	$\rho = 0{,}74$, $p \leq 0{,}001$
«сумма плохого» – ОСАД.П	«генерализация плохого» – ОСАД.ГП	$\rho = 0{,}46$, $p \leq 0{,}01$
«сумма плохого» – ОСАД.П	«персонализация плохого» – ОСАД.ПП	$\rho = 0{,}75$, $p \leq 0{,}001$
«устойчивость плохого» – ОСАД.УП	«показатель надежды» – ОСАД.ПН	$\rho = 0{,}70$, $p \leq 0{,}001$
«генерализация плохого» – ОСАД.ГП	«показатель надежды» – ОСАД.ПН	$\rho = 0{,}58$, $p \leq 0{,}01$
«сумма плохого» – ОСАД.П	«импунитивные реакции на ситуации фрустрации» – МФТ.М	$\rho = 0{,}38$, $p \leq 0{,}01$
«импунитивные реакции на ситуации фрустрации» – МФТ.М	«общительность, эмоциональная теплота» – 12 PF.A	$\rho = 0{,}43$, $p \leq 0{,}01$
«общительность» (личностный опросник 12 PF. фактор A)	«легко вступает в контакт со взрослыми» (личностный опросник 12 PF. фактор H)	$\rho = 0{,}40$, $p \leq 0{,}01$
«высокий самоконтроль» (личностный опросник 12PF. фактор Q)	«ответственность» (личностный опросник 12PF. фактор G)	$\rho = 0{,}37$, $p \leq 0{,}01$
«ответственность» (личностный опросник 12PF. фактор G)	«фиксация на препятствии в ситуации фрустрации» – МФТ.O – D	$\rho = 0{,}42$, $p \leq 0{,}01$

Таблица 3

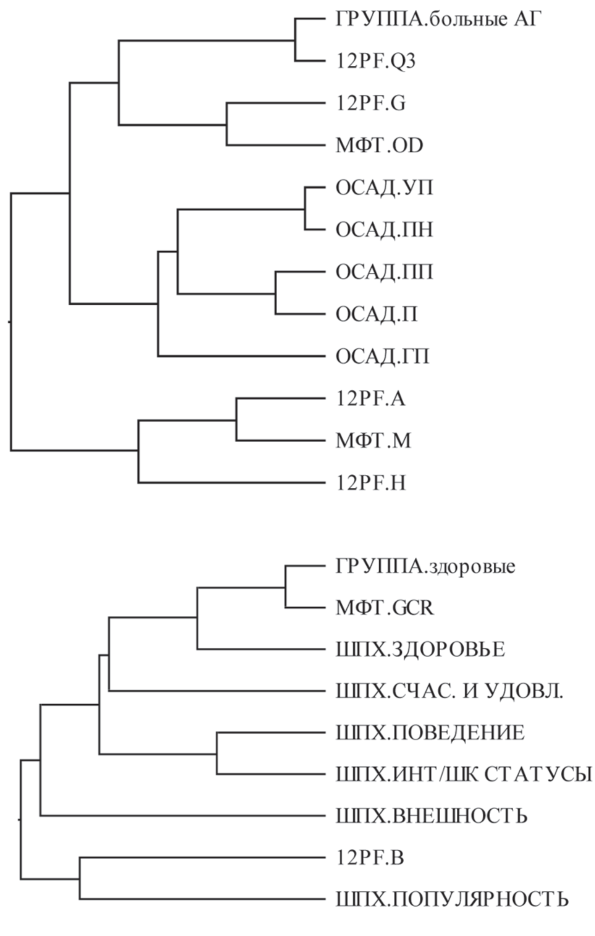
Сравнение атрибутивных стилей детей с артрогрипозом и здоровых детей

Показатели методики	Группа больных (n = 17)		Группа здоровых (n = 25)		U-критерий Манна – Уитни	P значимость
	M	У	M	у		
УХ	5,12	1,41	6,56	1,42	100,0	$p \leq 0{,}01$
УП	2,59	1,12	1,60	1,04	113,5	$p \leq 0{,}01$
ПХ	3,71	1,31	4,44	1,23	145	$p \leq 0{,}05$
ПП	3,41	1,50	2,80	1,66	154	Не значимо
ГХ	3,65	1,06	4,44	1,08	131	$p \leq 0{,}05$
ГП	3,47	0,94	3,08	1,08	171,0	Не значимо
ПН	6,06	1,44	4,68	1,25	104	$p \leq 0{,}01$
Х	12,47	2,92	15,44	2,50	90	$p \leq 0{,}001$
П	9,47	2,07	7,44	2,08	100,5	$p \leq 0{,}01$
Х-П	2,77	3,33	8,00	3,35	60	$p \leq 0{,}001$

У школьников с артрогрипозом достоверно снижены оценки по показателям «устойчивость хорошего», «персонализация хорошего», «генерализация хорошего», «суммарный показатель по объяснениям хороших событий», «показатель, характеризующий атрибутивный стиль в целом». В то же время у больных детей достоверно выше оценки по показателям «устойчивость плохого», «показатель надежды», «суммарный показатель по объяснению плохих событий». Таким образом, дети с артрогрипозом при объяснении причин благоприятных событий в меньшей степени, чем их здоровые сверстники, склонны считать эти события устойчивыми, распространяющимися на другие сферы жизни и имеющими внутренние причины. При объяснении неблагоприятных событий у детей с артрогрипозом наблюдаются тенденции к рассмотрению этих событий как устойчивых во времени и происходящих во многих сферах жизни. В целом лица, страдающие артрогрипозом, более пессимистически воспринимают как «хорошие», так и «плохие» события, что задает ощущение беспомощности, пассивность в преодолении трудностей. Данный вывод согласован с результатами, полученными по опроснику копинг-стратегий И.М. Никольской и Р.М. Грановской, где на уровне тенденции отмечается склонность к уходу от неприятной действительности посредством погружения в воображаемый мир фантазий и редкое использование социально ориентированных стратегий.

Кластерный агломеративный анализ, предъявляющий более жесткие требования к изучению взаимосвязей между показателями, позволяет выделить два основных кластера: «больные артрогрипозом» и «здоровые дети» (рисунок).

Как видно из представленных результатов, все данные четко распадаются на два больших кластера: больные артрогрипозом и здоровые дети.



Дендрограммы для группы «больные артрогрипозом» и группы «здоровые дети», выделенные на базе бутстреп-моделирования

Кластер «больные артрогрипозом» включает такие характеристики, как выраженное чувство ответственности, целеустремленность, добросовестность, аккуратность (шкала G); высокий уровень самоконтроля, хорошее понимание социальных нормативов (шкала Q3); фиксация на препятствии в ситуациях фрустрации (МФТ, O-D); характеристики пессимистического атрибутивного стиля («устойчивость плохого» – УП; «показатель надежды» – ПН; «персонализация плохого» – ПП; «сумма плохого» – П; «генерализация плохого» – ГП).

Кластер «здоровые дети» включает в себя, прежде всего, характеристики самооценки качества жизни по методике Пирса – Харриса («здоровье», «счастье и удовлетворенность», «поведение», «интеллектуальный и школьный статусы», «внешность», «популярность»), а также «нормативность поведения» (показатель GCR по тесту фрустрационной толерантности Розенцвейга). Полученные результаты позволяют сделать вывод, что в основе психологического здоровья лежит субъективная удовлетворенность различными аспектами жизни и способность к адаптации к социуму.

Самооценочные показатели больных детей статистически достоверно снижены по сравнению с их здоровыми сверстниками: оценка собственного «здоровья» ($U = 105$, $p \leq 0,01$), «счастья и удовлетворенности» ($U = 124,5$, $p \leq 0,05$). Полученные результаты отражают тот факт, что больные дети четко связывают свое благополучие с фактором здоровья, а в остальном (внешность, школьные успехи, социальная компетентность) они оценивают себя примерно так же, как и здоровые.

Таким образом, вопреки расхожему мнению относительно детей с заболеваниями опорно-двигательного аппарата можно сделать вывод, что пациентов с артрогрипозом отнюдь нельзя назвать абсолютно беспомощными в преодолении их трудной жизненной ситуации. Больные дети не отличаются высокой активностью и оптимизмом, но это компенсируется ими ответственностью, рассудительностью, осторожностью, высоким уровнем самоконтроля. Интуитивно или осознанно больные дети выбирают неэнергоемкие способы адаптации.

Полученные результаты, отражающие низкую энергетику больных детей, вслед за К.Ю. Ануфриюк (2011) [12], можно рассматривать не как дезадаптивность, а в качестве одного из вариантов адаптации, то, что К.Ю. Ануфриюк называет рефлексивным вариантом совладания.

С другой стороны, как отмечает Н.М. Лыкова (2004) [13], следует иметь в виду, что 11–12-летние подростки находятся на некоторой условной грани развития, когда вектор их совладающего поведения может быть легко изменен в сторону активного адаптивного поведения или поведения, ведущего к зависимости. Именно в 11–12 лет пассивная стратегия «избегания» в благоприятных условиях развития начинает сменяться стратегией «поиск социальной поддержки».

Сравнительный анализ профилей реакций в ситуациях фрустрации детей с артрогрипозом и их здоровых сверстников показал, что в обеих выборках преобладают реакции, имеющие экстрапунитивную направленность ($E > I > M$); в обеих группах преобладают реакции с фиксацией на препятствии, а реакции, направленные на защиту «Я» и преодоление препятствия, встречаются значительно реже.

В качестве критерия адекватности поведения в ситуациях фрустрации традиционно используется оценка N-P, отражающая направленность испытуемого на разрешение ситуации. Конструктивными и продуктивными признаны следующие типы ответов: самостоятельное решение ситуаций, подчинение объективным требованиям ситуации (в том числе требованиям взрослого), признание собственной вины за случившееся. Типы реакций и показатель GCR (степень соответствия ответов испытуемого стандартным для данного возраста ответам), отличные от нормативных, говорят о низкой социальной адаптации.

Показатель GCR у детей с артрогрипозом имеет крайне значение по сравнению с нормативными (для данного возраста) показателями. Здоровые дети (на 1 % уровне значимости) достоверно более адаптивны в своих реакциях на ситуации фрустрации (U; $p < 0,01$). Низкая адаптивность больных артрогрипозом происходит за счет более выраженных (по сравнению с нормой) экстрапунитивных реакций и фиксацией на препятствии, что характерно, скорее, для проявлений инфантилизма, пассивности, ощущения беспомощности.

Заключение

С помощью кластерного иерархического агломеративного анализа на базе бутстреп-моделирования выделяются две основных плеяды и затем, соответственно, два кластера: «здоровые дети» и «больные дети». Содержание данных кластеров отличается. Кластер «здоровые дети» включает в себя характеристики самооценки психосоциального статуса (с высоким весом сюда входят «здоровье» и «счастье и удовлетворенность»), а также «нормативность поведения». Полученные результаты свидетельствуют о том, что в основе психологического здоровья лежит субъективная удовлетворенность различными аспектами жизни и способность к адаптации к социуму. В качестве показателей психологического здоровья в жизненной ситуации отсутствия тяжелого заболевания можно рассматривать характеристики оптимистического атрибутивного стиля и черту личности «энергичность».

Психологическое благополучие больных артрогрипозом детей (в их субъективном восприятии) находится под влиянием, прежде всего, фактора их тяжелого хронического заболевания и беспокойства по поводу дальнейшего развития болезни и ее лечения. Самооценка качества жизни больного ребенка характеризуется более низким уровнем удовлетворенности жизнью, по сравнению со здоровыми. Психологическое здоровье детей с заболеванием «артрогрипоз» характеризуется более низкими параметрами адаптивности (пессимистический атрибутивный стиль, сниженная внешняя активность, сниженная самооценка различных параметров жизнедеятельности, преобладание стратегии избегания). Снижение внешней активности компенсируется ответственностью, рассудительностью, высоким самоконтролем. Таким образом, больные дети выбирают неэнергоемкие способы адаптации с учетом их реальной жизненной ситуации. Полученный результат позволяет предположить, что пассивный способ приспособления к жизненной ситуации, выбранный детьми с артрогрипозом, можно рассматривать как один из вариантов относительно продуктивной адаптации, а личностные характеристики могут выступать как психологические ресурсы адаптации к их трудной жизненной ситуации.

Выполнено при финансовой поддержке РФФИ, грант № 17-29-02321.

Список литературы

1. Кудрявцева С.В. Основные направления исследований психического и психологического здоровья детей и подростков / С.В. Кудрявцева, Г.В. Пятакова, Е.И. Лебедева // Человеческий капитал. – 2017. – № 11. – С. 8–17.

2. Ананьев В.А. Психология здоровья / В.А. Ананьев. – СПб.: Речь, 2006. – 384 с.

3. Александрова Л.И. Личностные ресурсы преодоления затрудненных условий развития / Л И. Александрова, А.А. Лебедева, Д.А. Леонтьев, Е.И. Рассказова // Личностный потенциал: структура и диагностика / Под ред. Д.А. Леонтьева. – М.: Смысл, 2011. – С. 579–610.

4. Зайцева А.Э. Качество жизни подростков с хронической соматической патологией / А.Э. Зайцева // Вопросы психического здоровья детей и подростков. – 2016 (16). – № 4. – С. 62–65.

5. Леонтьев Д.А. Личностный потенциал при переходе от детства к взрослости и становление самодетерминации / Д.А. Леонтьев, Е.Р. Калитеевская, Е.Н. Осин // Личностный потенциал: структура и диагностика / Под ред. Д.А. Леонтьева. – М.: Смысл, 2011. – С. 611–641.

6. Никольская И.М. Психологическая защита у детей / И.М. Никольская, Р.М. Грановская. – СПб.: Речь, 2011. – 521 с.

7. Пятакова Г.В., Виссарионов С.В. Исследование качества жизни подростков с тяжелыми деформациями позвоночника // Хирургия позвоночника. – 2009. – № 4. – С. 38–43.

8. Циринг Д.А. Психология личностной беспомощности: исследование уровней субъективности / Д.А. Циринг. – М.: Академия, 2010. – 410 с.

9. Александровская Э.М. Адаптированный модифицированный вариант детского вопросника Р. Кеттела / Э.М. Александровская, И.Н. Гильяшева. – М., 1995. – 40 с.

10. Гордеев В.И. Качество жизни (QOL) – новый инструмент оценки развития детей / В.И. Гордеев, Ю.С. Александрович. – СПб.: Речь, 2001. – 200 с.

11. Фрустрация: Понятие и диагностика: учеб.-метод. пособие для студентов по специальности 020400 «Психология» / Сост. Л.И. Дементий. – Омск: Изд-во ОмГУ, 2004. – 68 с.

12. Ануфриюк К.Ю. Особенности отношений и защитно-совладающего поведения у подростков с разными характеристиками субъектности: автореф. дис. … канд. психол. наук / К.Ю. Ануфриюк. – Санкт-Петербург, 2011. – 28 с.

13. Лыкова Н.М. Базисные стратегии совладания младших подростков: учеб.-метод. пособие / Н.М. Лыкова. – М.: МОСУ, РУДН, 2004. – 23 с.

УДК 159.9:316.624

СОЦИАЛЬНО-ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ДЕВИАНТНОСТЬ ЛИЧНОСТИ: ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Шилова В.С.

НИУ «Белгородский государственный университет», Белгород, e-mail: shilova@bsu.edu.ru

В статье определяются исходные посылки исследования проблемы социально-экологической девиантности личности. Установлено, что, личность, вовлекаясь в процесс природопользования, осваивает историческую и социальную сущность опыта социально-экологических взаимодействий, закладывает фундамент становления и развития собственных, необходимых в этом случае новообразований: социально-экологических знаний, социально-экологических умений, опыта творческого и эмоционально-волевого отношения к природе. Взаимодействие с природной средой в процессе профессиональной подготовки требует определенной дифференциации и соответствующих критериев. К ним мы относим: готовность к оптимальному взаимодействию с природой, компетентность в процессе установления отношений с ней, устойчивость в соблюдении меры, норм и правил рационального природопользования. Основной способ воздействия личности на природу, взаимодействия с ней – труд. Вместе с тем ухудшающееся состояние природных условий и ресурсов, используемых в хозяйственной деятельности человека, их полное исчезновение свидетельствуют о масштабных отклонениях от норм и меры рационального природопользования. В связи с этим возникает необходимость рассмотрения еще одного необходимого, на наш взгляд, критерия дифференциации – социально-экологической девиантности личности. Несмотря на определенные достижения в решении задач социально-экологического образования разных категорий населения, продолжает сохраняться необходимость дальнейшей работы в этом направлении.

Ключевые слова: социально-экологическое взаимодействие, дифференциация в системе профессиональной подготовки, критерии дифференциации, личность, поведение, девиантность, социально-экологическая девиантность

SOCIAL-ECOLOGICAL INDIVIDUALITY OF THE PERSONALITY: THEORETICAL PREREQUISITES OF THE STUDY

Shilova V.S.

Belgorod State University, Belgorod, e-mail: shilova@bsu.edu.ru

The article defines the starting premises for the study of the problem of the socio-ecological deviance of the individual. It is established that, being included in the process of nature management, a person through internalization assimilates the socio-historical essence of the experience of social and environmental interactions, forms the basis for the formation of new, necessary in this case new formations: socio-ecological knowledge, socio-ecological skills, abilities, motives, attitudes. Interaction with the natural environment in the process of professional training requires a certain differentiation and corresponding criteria. We refer to them: readiness for optimal interaction with nature, competence in the process of establishing relations with it, stability in observing the measure, norms and rules of rational nature management. The main way to influence the individual nature, interaction with it – work. At the same time, the deteriorating state of natural conditions and resources used in human economic activity, their complete disappearance testify to large-scale deviations from norms and measures of rational nature management. In this connection, there arises the need to consider another criterion of differentiation, which is necessary, in our opinion, the socio-ecological deviance of the individual. Despite certain achievements in solving the problems of socio-ecological education of different categories of the population, there continues to be a need for further work in this direction.

Keywords: socio-ecological interaction, differentiation in the system of vocational training, criteria for differentiation, personality, behavior, deviance, socio-ecological deviance

Результаты современных социоприродных взаимодействий свидетельствуют о сохраняющиеся безответственном отношении к природе, порой хищническом истреблении ее ресурсов. Это относится и к сфере профессиональной деятельности, требующей дифференцированного подхода в процессе подготовки будущих специалистов, включая и систему социально-экологического образования. К настоящему времени нами определены основные критерии дифференциации в этой системе: социально-экологическая готовность, компетентность и устойчивость [1]. Вместе с тем ухудшающееся состояние природных условий и ресурсов, используемых в хозяйственной деятельности человека, их полное исчезновение свидетельствуют о масштабных отклонениях от норм и меры рационального природопользования. В связи с этим возникает необходимость рассмотрения еще одного необходимого, на наш взгляд, критерия дифференциации – *социально-экологической девиантности личности.* Это и составило цель настоящего исследования. Ее достижение осуществлялось определенными методами исследования. К ним относятся: анализ, синтез, сравнение, исторический, логический, конкретизация, обобщение, выводы.

Результаты исследования и их обсуждение

Исходя из того, что девиантность отражает одно из качеств личности, напомним сущность исходных в этом случае понятий: личность, поведение, девиантность, социально-экологическая девиантность, социально-экологическая деятельность и ее виды.

Так, «личность» обозначает человека, отличающегося своими, четко выраженными индивидуальными и социально-обусловленными качествами: интеллектуальными, эмоциональными, волевыми, нравственными, эстетическими и другими свойствами. Следует отметить, что ученые различают понятия «индивид» и «личность». Философы подчеркивают, что индивид становится личностью при условии включения ее в систему общественных отношений. Здесь она обретает новое качество, становится элементом системы более высокого порядка, каким является общество. Социальной, по сути, становится мотивационная система личности: конкретные мотивы, цели, средства и условия какой-либо деятельности (Краткий философский словарь, 2014). При этом тип личности определяется не только биологическими особенностями, но и той социальной микросредой, в которой осуществляется ее становление и развитие. Характерно, что человек выступает не пассивным объектом внешнего воздействия: с самого начала он активно включается в социальные отношения, в которых и раскрываются его сущностные силы (Б.Г. Ананьев, А.Г. Смирнов) [2].

Ученые обоснованно связывают развитие человека с окружающей природной и социальной средой. В последние годы особое внимание уделяется воздействию социокультурных факторов на отдельного индивида, его психику, поведение и деятельность. При этом индивид по-разному адаптируется к окружающей его среде. Это непосредственно отражается на результатах анализа явлений неадаптируемости, например, мигрантов в новой для них обстановке; обучающихся в новом классе или школе (Н.М. Мамедов) [3].

Иначе говоря, личность включается в новую систему социоприродных отношений. В процессе ее адаптации необходимо опираться на следующие положения теории деятельности: во-первых, ядро личности включает систему действенных отношений человека к миру; во-вторых, эти отношения, реализуются в деятельности и проявляются в мотивах личности; в-третьих, основу личности составляет иерархическая структура ее мотивов. В свою очередь, мотивы включаются в структуру деятельности, соответствующей ее цели, отдельным операциям, действиям условиям (А.Н. Леонтьев, Б.С. Братусь, С.Д. Смирнов и др.) [4].

Установлено, что личность непосредственно или опосредованно включена в социально-экологическую деятельность, например землепользование, водопользование, лесопользование, т.е. в процесс природопользования. Эта деятельность, как и любая другая, осуществляется, во-первых, путем активного преобразования субъектом окружающей действительности, в том числе и природной среды, т.е. путем опредмечивания, во-вторых, путем изменения самого субъекта в результате усвоения им постоянно расширяющейся части предметного мира, т.е. распредмечивания (А.Н. Леонтьев, Л.С. Выготский и др.) [4].

В этом сложном многостороннем процессе основным каналом развития субъекта деятельности, по мнению психологов (П.Я. Гальперин и др.), является интериоризация. Она предполагает переход от внешних форм материально чувственной деятельности в ее внутренний план [4]. Мы полагаем, что и процесс использования личностью потенциала природы с целью удовлетворения своих потребностей протекает именно по этому каналу, отличаясь своим специфическим содержанием от других видов деятельности. Включаясь в процесс природопользования, личность путем интериоризации осваивает исторический опыт социально-экологических взаимодействий, закладываются основы становления собственных, необходимых в этом случае новообразований: социально-экологических знаний, социально-экологических умений, опыта творческого и эмоционально-ценностного отношения к природе. В результате формируются: готовность к оптимальному взаимодействию с природой, компетентность в процессе установления отношений с ней, устойчивость в соблюдении меры, норм и правил рационального природопользования. Основной способ воздействия личности на природу, взаимодействия с ней – труд. При этом одной из основ своеобразия социально-экологических взаимодействий, соответствующего образования является дифференцированный подход [1].

Исходя из этого, а также опираясь на результаты наших прежних исследований, отражающих сущность и особенности социально-экологического образования школьников, студенческой молодежи, считаем необходимым наряду с другими критериями дифференциации рассмотрение еще одного ее критерия – социально-экологической девиантности личности. В силу этого остановимся подробнее на понятиях: поведение и девиантность.

«Поведение» ученые (философы, психологи, педагоги) определяют как форму взаимодействия с окружающей средой, присущую всем живым организмам и опосредованную их активностью или пассивностью. Базовыми источниками поведения являются потребности, притязания, запросы, желания субъекта [5]. Это внешнее проявление деятельности человека. Поведение человека всегда социально обусловлено, поэтому характеризуется сознательностью, целеполаганием, произвольностью и созидательностью; регулируется общественными нравственными нормами и правом. Единицами поведения являются поступки, формирующие позицию личности, ее моральные убеждения, мировоззрение, стиль отношения к природе [6].

Различают виды поведения, прежде всего нравственное (соответствующее нормам поведения и деятельности) и безнравственное, или отклоняющееся.

Рассмотрим подробнее последнее. Исследование показало, что этимология понятия «девиация» (лат. deviation – уклонение, отклонение) отражена в различных словарях. Так, в «Словаре синонимов и антонимов современного русского языка» (2013) термин «отклонение» означает, во-первых, отстранение, какую-либо аномалию; во-вторых, отстранение, отвержение. Русский толковый словарь термином «отклонение» обозначает несогласие с чем-либо, отвержение; переход к чему-либо другому, прервав начатое. Этот термин непосредственно связан с личностью и отражает ее особенности.

В психологии девиация определяется как отклонение от некоторой нормы. Зарубежные ученые используют этот термин для обозначения следующих отклонений:

- в поведении – какие-либо нарушения или клинические синдромы;
- в отношениях – модели изменений отношений;
- в статистике – степень изменения значения каких-либо измерений в зависимости от среднего статистического [7].

Отечественные психологи разделяют общепринятое мнение и связывают девиацию прежде всего с поведением. Под девиантным поведением понимается отклоняющееся поведение, действие, не соответствующее каким-либо нормам, критериям, социальным традициям (А.Л. Свенцицкий). Девиантное поведение вызывается определенными факторами, в качестве которых могут выступать: здоровье, условия онтогенеза, коммуникация; кажущиеся индивиду бесполезными нормы морали в процессе достижения своей цели и побуждающие к их нарушению; одобрение нарушений со стороны окружения субъекта, терпимость к ним [5].

В педагогике отклоняющееся (девиантное) поведение определяется как система поступков или отдельные поступки, которые противоречат принятым в обществе правовым и нравственным нормам. К настоящему времени выделены конкретные виды такого поведения: преступность, непротивоправное (не наказуемое) аморальное поведение (алкоголизм, наркомания, игромания, стяжательство и др.). Установлена и главная причина связи между различными видами девиантного поведения – привычное для человека безнравственное поведение, обусловленное дефектами нравственного и правового сознания, личностными потребностями, особенностями эмоционально-волевой сферы и характера [6].

В педагогической практике поведение понимается как соблюдение и выполнение человеком общепринятых правил взаимоотношений и в определенных формах действий: учебных, трудовых, профессиональных. В связи с этим поведение оценивается по следующим критериям: примерное, удовлетворительное, неудовлетворительное. Вместе с тем, по обоснованному мнению исследователей, эти критерии не позволяют рассмотреть феномен поведения во всем многообразии его проявлений. Многие поступки человека, из которых складывается поведение, характеризуются как реактивностью на влияние окружающей внешней среды, так и внутренними побуждениями, т.е. являются подлинной активностью. Высшим проявлением поведения выступает деятельность человека. Установлено, что формирование умений и навыков человеческого поведения предусматривает усвоение выработанных людьми определенных норм и правил. Однако информированность в этом вопросе еще не означает применения этих норм на практике. Соблюдение правил социально значимого поведения возможно только при условии их осознанного усвоения и принятия их личностью в качестве собственных убеждений. Кроме того, в поведении отражаются индивидуально-психологические особенности личности, в том числе и негативные [6].

Вместе с тем установлено, что отклонения в поведении наблюдаются не только в сфере социальных отношений, но и во взаимодействии человека и общества с природой. Об этом свидетельствуют различные примеры нерационального природопользования: загрязненность атмосферного воздуха, водных, почвенных, биосферных ресурсов. Характер и масштаб их загрязнения таков, что влечет за собой резкое ухудшение состояния здоровья человека и человечества. В связи с этим возникает необходимость исследования и такого педагогического феномена, каким является социально-экологическая девиантность. С целью определения ее сущности обратимся к дефинициям «социальный», «экологический».

Так, «социальный» (socialis – лат.) определяется как «связанный с жизнью и отношениями людей в обществе, как «общественный». Термин «социальный» отражает все человеческое, все, что связано с жизнью людей, с различными формами их общения и деятельности. Еще один термин – «экологический» (oikos – гр.) обозначает «дом», «родину». Кроме того, этим термином обозначается наука, исследующая связи живых организмов со средой обитания [8]. «Экология» – специальное биологическое понятие и термин. В настоящее время оно распространяется и на область социальных отношений, получая все более широкую интерпретацию, (И.К. Лисеев, Н.М. Мамедов и др.) [9]. Сегодня «экологический» отождествляется с понятием «окружение», «местообитание», «окружающий», а словосочетание «социально-экологический» отражает взаимосвязь общества с природной средой.

Возвращаясь к предмету настоящего исследования, приведем рабочее определение. *Под социально-экологической девиантностью* нами понимается такое качество личности, которое характеризуется, во-первых, отклонением поведения в природной среде, нарушающим общепринятые нормы, меру и правила взаимодействия с ней; во-вторых, отношением личности к различным компонентам природы или природе в целом, противоречащим экологическим и нравственным законам и приводящим к изменению модели поведения и деятельности в направлении разрушения.

Как было отмечено ранее, поведение – высший показатель деятельности. Отсюда, социально-экологическая девиантность выступает важнейшим показателем отклонений в социально-экологической деятельности, сущность которой нами раскрывается как процесс взаимодействия общества с природной средой. Он направлен на использование потенциала природы для удовлетворения различных общественных потребностей, прежде всего, материальных и духовных, учитывающих меру, нормы и правила, обусловленные пространственно и исторически. Сущность социально-экологической деятельности составляет природопользование, которое понимается как сознательно регулируемый обмен веществом, энергией и информацией в системе «общество и природа» с целью поддержания в равновесии ее состояние. Природопользование – это и процесс природотворчества, включающий в себя не только изучение, но и охрану, восстановление и возобновление природных условий и ресурсов; процесс, в котором главный путь воздействия – труд [1].

Известно, что субъектом системы «общество – природа» является общество. Оно, в свою очередь, состоит из активно познающих и действующих индивидов. В связи с этим необходимым является определение сущности еще одного важного понятия – социально-экологической деятельности личности и общества. Она представляет собой целостный, единый, познавательно-практический процесс взаимодействия с природной средой, протекающий в специфических историко-географических, социально-экономических, социально-экологических и других условиях каждого общественного организма и составляющих его личностей, направленных в конечном счете на гармонизацию отношений, на создание и сохранение сбалансированной среды жизни для настоящих и будущих поколений [1].

Любая деятельность имеет свой видовой состав. Социально-экологическая деятельность также характеризуется своим многообразием и разнообразием. Установлено, что видовой состав любой деятельности определяется определенным признаком. Исходя из того, что сущность социально-экологической деятельности составляет процесс природопользования, выделяются и соответствующие этому процессу виды [10]:

- природопользование рациональное – система деятельностей, призванная обеспечить экономическое использование природных условий и ресурсов, наиболее эффективный режим их восстановления и воспроизводства с учетом интересов развивающегося хозяйства и сохранения здоровья людей в перспективе;
- природопользование рекреационное – форма и способ использования природных условий и ресурсов для рекреации;
- природопользование нерациональное – система деятельностей, не обеспечивающая сохранение природно-ресурсного потенциала.

В зависимости от используемого ресурса природопользование подразделяется, например, на землепользование, лесопользование [10]. Что касается социально-экологической девиантности, то она характеризует, прежде всего, нерациональное, хищническое, безответственное природопользование.

В заключение отметим, что, несмотря на определенные достижения в решении задач социально-экологического образования разных категорий населения, продолжает сохраняться необходимость дальнейшей работы в этом направлении. Особого внимания в системе профессиональной и социально-экологической подготовки учащейся молодежи заслуживает разработка проблемы дифференциации. Свое место в ее рассмотрении отводится уточнению сущности критериев, поиску новых конкретных показателей, повышающих эффективность не только педагогического взаимодействия, но и гармонизации отношений общества с природой в различных видах деятельности. Все это – задачи дальнейшего исследования.

Список литературы

1. Шилова В.С. Дифференциация в системе социально-экологического образования студентов: монография. – Белгород, 2014. – 256 с.

2. Смирнов С.Д. Психология и педагогика для преподавателей высшей школы: учебное пособие. – 2-е изд., пераб. и доп. – М., 2014. – 422 с.

3. Мамедов Н.М. Экология и устойчивое развитие. – М.: Изд. Центр МГАДА, 2013. – 365 с.

4. Куликов Л.В. Психология личности в трудах отечественных психологов. – М., 2009. – 464 с.

5. Свенцицкий А.Л. Краткий психологический словарь. – М.: Изд-во «Проспект», 2015. – 512 с.

6. Рапацевич Е.С. Педагогика. Современная энциклопедия. – М.: Современная школа, 2010. – 720 с.

7. Семенов В.А. История зарубежной конфликтологии. В 2-х т. Изд. 2-е, испр. и доп. – М.: Изд-во Юрайт, 2018. – 292 с.

8. Словарь иностранных слов. / Сост Т. Уша. – М.: Виктория плюс, 2010. – 816 с.

9. Философские основания экологического образования в эпоху нанотехнологий / отв. ред. И.К. Лосев, Российская Академия наук. Ин-т философии. – М.: «Канон +» РООИ «Реабилитация», 2014. – 327 с.

10. Снакин В.В. Экология и природопользование в России: энциклопедический словарь. – М.: Академия, 2008. – 814 с.

УДК 314.5

ТРАНСФОРМАЦИЯ БРАЧНО-СЕМЕЙНЫХ ОТНОШЕНИЙ В СОЦИАЛЬНО-ДЕМОГРАФИЧЕСКОМ ПРОСТРАНСТВЕ РЕГИОНА

Кутовая С.В.

Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН, Биробиджан, e-mail: fotinya.2012@yandex.ru

Актуальность исследования определяется изменениями традиционных форм брачно-семейных отношений («гражданский», гостевой, бездетный брак, гомосексуальные, групповые браки и пр.), которые связаны с глобальными трансформациями современного общества. Объектом исследования выступает социально-демографическое пространство. Предметом – процесс трансформации брачно-семейных отношений. Автор рассматривает такие аспекты, как отношение к браку, семье и деторождению, причины разводов, проблемы межпоколенческих взаимоотношений. Для выявления трансформаций в брачно-семейных отношениях проводилось прикладное социологическое исследование. Тип выборки – квотная, случайная при отборе респондентов, репрезентирующая население по полу, возрасту, образованию, типу населенного пункта, в котором проживает респондент. Результаты исследования показали, что основными трансформационными векторами в социально-демографическом пространстве являются изменения в функционировании основных социальных институтов – семьи и брака (переход от функции воспроизводства населения в экономическую), рост её неустойчивости, снижение среднего размера и распространение одно-двудетной семьи; усиление дистанции и нарастание конфликтов между поколениями. Существенное влияние оказывают социально-экономические факторы, определяющие дифференциацию семей по имущественному признаку, уровням заработной платы и доходам, структуре расходов, пенсионному обеспечению и другим показателям, а также эмоционально-психологический фон семьи.

Ключевые слова: традиция, деторождение, социально-демографическое пространство, брак, семья, социальная трансформация, нуклеарная семья, социальная проблема, поколение, социальные отношения

TRANSFORMATION OF MARRIAGE AND FAMILY RELATIONS IN THE SOCIO-DEMOGRAPHIC SPACE OF THE REGION

Kutovaya S.V.

Institute for Complex Analysis of Regional Problems Far Eastern Branch Russian Academy of Sciences, Birobidzhan, e-mail: fotinya.2012@yandex.ru

The relevance of the study is determined by the changes in the traditional forms of marriage and family relations («civil», guest, childless marriage, homosexual, group marriages, etc.), which are associated with the global transformations of modern society. The object of the study is the socio-demographic space. The subject is the process of transformation of marriage and family relations. The author considers such aspects as: attitude to marriage, family and childbearing, causes of divorce, problems of intergenerational relationships. Applied sociological research was conducted to identify transformations in marital and family relations. Sample type-quota, random in the selection of respondents, representing the population by sex, age, education, type of settlement in which the Respondent lives. The results of the study showed that the main transformation vectors in the socio-demographic space are changes in the functioning of the main social institutions – the family and marriage (the transition from the function of reproduction of the population in the economic), the growth of its instability, the reduction of the average size and the spread of the one-two-child family; Socio-economic factors that determine the differentiation of families on the basis of property, wage levels and income, expenditure structure, pension provision and other indicators, as well as the emotional and psychological background of the family have a significant impact.

Keywords: tradition, fertility, socio-demographic space, marriage, family, social transformation, nuclear family, social problem, generation, social relation

Вопрос о влиянии социальных трансформаций на общественное развитие в современных условиях остается востребованным в социологической науке, что невозможно без должного учета процессов, протекающих в региональном социальном пространстве. Несмотря на то, что преобразования, происходящие в российском обществе в конце XX – начале XXI вв., имеют общий характер, все же отмечаются региональные различия в их проявлениях, что объясняется наличием разных стартовых позиций и ресурсов в период вхождения российских регионов в процесс реформирования. Это обусловило их адаптационные и интеграционные возможности в новых условиях. Сложилась ситуация, которая привела к увеличению дифференциации в уровнях развития социально-экономической, социально-политической, социально-культурной, социально-демографической и др. составляющих в регионах, что повлияло на увеличение социально-экономической дистанции между важнейшими стратификационными группами. Особенно это актуально для регионов, в которых процессы трансформации социального пространства происходили наиболее сложно. К таким регионам относится Дальний Восток России, становление и формирование которого в российском пространстве началось немногим более ста лет назад. За достаточно короткий промежуток времени (с точки зрения исторической науки) в регионе произошли преобразования в социально-политическом, социально-демографическом, социально-экономическом и в социокультурном плане, обусловленные протекающими как внутрирегиональными, так и общероссийскими факторами и условиями. Порой эти преобразования носили кардинальный и революционный характер. В данном исследовании мы попытаемся провести социологический анализ трансформаций в социально-демографическом пространстве региона.

Чаще всего вступление в брачно-семейные взаимоотношения происходит под руководством традиционных норм, заложенных родителями, но при этом существует внешнее влияние, обусловленное социокультурным окружением, СМИ, и в результате на смену традиционным установкам приходят альтернативные: сожительство, гостевой брак, ориентация на бездетный брак, гомосексуальные браки, групповой брак и пр. [1]. Поэтому изучение брачно-семейных отношений является одной из приоритетных сфер, интерес к которой связан с необходимостью в научном обосновании и осмыслении происходящих трансформационных процессов, обусловленных кризисными изменениями в социально-демографическом пространстве.

Цель исследования: выявить основные тенденции трансформации брачно-семейных отношений в социально-демографическом пространстве региона.

Материалы и методы исследования

Для изучения брачно-семейных отношений в социально-демографическом пространстве были проанализированы данные социологического опроса, проведенного автором с целью выявления социальных проблем населения Дальневосточного региона (n = 1056). Генеральная совокупность представлена населением Еврейской автономной, Амурской и Сахалинской областей, Хабаровского края, Республики Саха (Якутия). Тип выборки – квотная, случайная при отборе респондентов, репрезентирующая население по полу, возрасту, образованию, типу населенного пункта, в котором проживает респондент.

Для соблюдения имеющихся социально-структурных пропорций (распределение населения по полу и возрасту, а также району проживания) в каждом регионе были выделены типичные по людности городские и сельские населенные пункты, далее шло распределение по квотам (пол, возраст). В исследовании использовался метод случайной маршрутной выборки. Анкета состояла из 5 блоков, направленных на выявление социально-демографических характеристик, социально-экономического положения, эмоционально-психологического состояния, миграционных настроений, дальнейших перспектив. На этапе обработки данных было отбраковано 22 анкеты. Сопоставление частотных распределений выборочной совокупности с материалами официальной статистики существенных отклонений не выявило.

Результаты исследования и их обсуждение

К началу кардинальных преобразований, начавшихся в Российской Федерации в конце XX века, социальное пространство Дальнего Востока России было уже достаточно сформированным: развита социально-экономическая инфраструктура, налажена транспортная сеть и сообщение между населенными пунктами области. Пиковым в динамике дальневосточного населения является 1991 г., в котором численность населения составила 8063,6 тыс. чел. В дальнейшем происходила убыль населения за счет высокого уровня миграционных потоков. Так в 1989 г. численность населения в Дальневосточном регионе 7 950 тыс. чел., в 2002 г. – 6 693 тыс. чел., в 2010 г. – 6 293 тыс. чел. Население Дальнего Востока России сократилось на 21 % [2–4]. В настоящее время процесс снижения численности населения происходит более медленными темпами и ситуация такова, что рождаемое поколение детей не выполняет заместительной функции и происходит «демографическое старение» населения области. Демографическая нагрузка на 2018 г. составляла на 1000 работающего населения 662 человека моложе и старше трудоспособного возраста до 16 лет и после 57 лет. Оптимальным считается если на 1000 чел. трудоспособных приходится 500 чел.

Трансформации, происходящие в различных сферах социального пространства, привели к изменениям брачно-семейных отношений. По демографическим показателям респонденты распределились следующим образом:

– городское население представлено 54 % от общей выборки. Выделены следующие возрастные когорты:

1) 18–24 лет – 18 % от выборки горожан, среди них: мужчин 47 % и женщин 53 %;
2) 25–34 лет – 21 % (м – 44 %, ж – 56 %);
3) 35–44 лет – 17 % (м – 45 %, ж – 55 %);
4) 45–54 лет – 16 % (м – 43 %, ж – 57 %);
5) 55–64 лет – 17 % (м – 39 %, ж – 61 %);
6) от 65 и старше – 11 % (м – 35 %, ж – 65 %);

– сельское население представлено 46 % от общего числа опрошенных в следующих половозрастных группах:

1) 18–24 лет – 17 %, (м – 48 % и ж – 52 %);
2) 25–34 лет – 21 % (м – 45 %, ж – 55 %);
3) 35–44 лет – 16 % (м – 48 %, ж – 52 %);
4) 45–54 лет – 17 % (м – 49 %, ж – 51 %);

5) 55–64 лет – 18 % (м – 47 %, ж – 53 %);

6) от 65 и старше – 11 % (м – 34 %, ж – 66 %).

Анализ полученных данных позволил выделить основные признаки, характеризующие семью как стабильную и полноценную: материальное благополучие (86 %); хорошая работа с достойной заработной платой (71 %); комфортные жилищные условия (64 %); любовь и взаимопонимание в семье (60 %); наличие детей (51 %); здоровье обоих супругов (44 %).

Выявлено смещение границ вступления в брачно-семейные отношения с 18–22 лет к 24–28 годам и старше. Также определено формирование новых институциональных норм и правил взаимодействий внутри семьи. Изменения в статусно-ролевых позициях мужчины как «кормильца», «добытчика», «главы семьи», привели к смещению статуса мужчины в иерархической структуре общества [5]. Сегодня женщина перенимает функцию экономического обеспечения семьи, что является одним из основных факторов трансформаций в институтах семьи и брака.

Более 70 % опрошенных считают возможным добрачное сожительство. Как показывает анализ данных Всероссийской переписи населения 2010 г., более 4,3 млн пар проживают в незарегистрированном браке. Это составляет 13 % от общей численности официально зарегистрированных браков [6]. Самый высокий показатель отмечается среди групп населения, находящегося в фертильном возрасте (каждый десятый из опрошенных не собирается вступать в брак в перспективе), что приводит к трансформации функций института брака. Необходимо отметить, что рост доли пар, проживающих в незарегистрированном браке, наблюдается не только среди молодого населения, но и среди возрастных пар.

Как в российской, так и в мировой практике брачно-семейных отношений развод стал распространенной тенденцией и в общественном сознании воспринимается не как острая социальная проблема, а как рядовое явление. Так, по результатам опроса, более 63 % населения считают развод вполне допустимым. При изучении основных причин, влияющих на решение супругов, были выявлены следующие: алкоголизм одного из супругов; неверность; разногласие и конфликты между супругами; материальные и жилищные проблемы, отсутствие у супругов опыта в семейной жизни.

По данным статистики современная российская семья состоит из 2–3 человек (семьи с двумя детьми – 35 %, семьи с одним ребенком – 34 %), а это основные субъекты социально-демографического пространства региона. Выявлено, что 60 % молодого населения (до 30 лет) имеют в планах рождение детей, что, безусловно, является положительной тенденцией. Изучение данной группы позволило выявить распределение по количеству детей: перспектива рождения двух детей у 54 %, одного у 38 % и только у 8 % респондентов в планах рождение трех и более детей. Основными причинами снижения уровня рождаемости являются: низкие доходы большинства семей, плохие жилищные условия, профессиональная нагрузка у работающих женщин, плохие условия труда, снижение репродуктивного здоровья, высокий уровень прерываний беременности (абортов) и пр.

Наблюдается уменьшение количества детоориентированных семей и рост семей, в которых важными являются социально-психологические составляющие (психологическая совместимость, эмоциональное взаимодействие и пр.). Так, У. Бек пишет: «Прежде всего, благодаря увеличению ожидаемой продолжительности жизни произошёл сдвиг в биографической структуре, в протяжённости жизненных фаз... Это способствовало «демографическому освобождению женщин». «Жизнь ради детей стала для женщин проходным жизненным этапом. За ним следуют в среднем ещё три десятилетия «опустевшего гнезда» – вне традиционного средоточия женской жизни» [7, 166–167].

Для большинства лиц фертильного возраста дети рассматриваются как «дорогое удовольствие», требующее наличия стабильной работы (80 %), устойчивой материальной базы (79 %) и хороших жилищных условий (72 %). Пока не готовы к рождению детей 39 % респондентов. Основными причинами отказа называют недостаток времени и занятость (66 %), построение собственной профессиональной карьеры (42 %), страх за будущее своих детей (39 %), состояние здоровья (27 %) и эмоциональную нестабильность (12 %). Эти факторы приводят к нивелированию семейных ценностей и трансформации института родительства, росту обособленности и индивидуализма членов семьи, малодетности и др.

Еще одним вектором в трансформации социально-демографического пространства является динамика взаимодействия между поколениями. Данная проблематика наметилась в начале 1990-х гг. под влиянием общих преобразований, с разрушением традиционных для советского периода ценностей и отсутствием новых, преобразованием базовых социальных институтов. Установлена тенденция роста дистанции между молодыми людьми и старшим поколением, что проявляется в желании молодежи самостоятельно принимать жизненно определяющие решения (на кого и куда пойти учиться, в каком возрасте и на ком жениться, кого выбирать в друзья и пр.) и отстранении от семейной жизни ближайших родственников (более 45 %). Категорию «поколение» рассматривают со следующих позиций:

– как социальную общность, стратифицируемую по возрасту (дети, молодежь, люди среднего возраста, пожилые люди);

– как «символическую общность современников, живущих в определенный период развития общества»;

– как социальных акторов, являющихся носителями социальных ролей, характерных для института семьи (дети, родители, прародители) [8].

Авторитетность родителей и прародителей во многом определяется типом семьи. В семье, относящейся к нуклеарной, родители считаются старшим поколением, а в многопоколенной – прародители. На сегодняшний день среднее поколение занимает более высокую социальную позицию, чем прародители и молодежь, наблюдается следующая асимметрия: пожилые женщины чувствуют себя гораздо уязвимее, а самый высокий статус – у мужчин среднего поколения. Наименьшую долю в демографической структуре населения (16 %) составляют дети в возрасте до 16 лет, а доля молодежи 16–29 лет практически равна доле пенсионеров по старости (около 20 %) [9]. Различия в ценностных и жизненных ориентирах, материальном состоянии приводят к возникновению напряженности и разногласий между членами семьи: родителями и детьми, свекровью и невесткой, прародителями и внуками. Анализ эмпирического материала показал, что основными причинами межпоколенческих разногласий в семье являются противоречия в ценностных ориентациях (70 %), нормах и правилах поведения (58 %), непонимание, осуждение и неодобрение людьми старшего возраста образа жизни молодого поколения (38 %), желание дистанцироваться и обрести независимость одного поколения от другого (36 %), разница в возрасте (18 %) и прочие. Молодежь и люди среднего возраста чаще всего (64 %) понимают потребности и интересы старшего поколения, но не все готовы принимать и разделять их (43 %), хотя пожилые родители чаще разделяют интересы детей и внуков и уступают им.

Видна тесная корреляция между удовлетворенностью жизнью и эмоциональным фоном в семье: чем лучше социальное самочувствие, выше эмоциональная близость и сплоченность членов семьи, тем комфортнее. Низкая удовлетворенность своей жизнью чаще всего наблюдается у одиноких пожилых людей, что связано с низкой включенностью в социальные взаимодействия, социальные связи, отсутствием трудовой занятости. По данным Всероссийской переписи 2010 г., на 1000 женщин в возрастной группе от 60 до 64 лет приходится 315 вдов, от 65 до 69 лет – 455, от 70 лет и более – 670 [9]. Подобное соотношение среди мужского населения составляет: 71, 132 и 244 соответственно. Только каждый пятый пенсионер принимает участие в воспитании внуков, живущих с ним или отдельно, из них 30 % – это прародитель в возрасте до 65 лет, 14 % – это более старшее поколение.

В новых социально-экономических реалиях для молодого поколения ценности и нормы предков, сложившиеся еще в советский период, являются «устаревшими» и невостребованными (62 %). Они не могут их применить в процессе трудоустройства и непосредственно в трудовой деятельности, регулировании финансов и т.п., а их навязывание часто порождает неприязнь (45 %) и приводит к межпоколенческим конфликтам (36 %). Разрешение возникающих противоречий затруднено множеством условий, факторов, трансформационных и кризисных процессов, хотя традиционно эту функцию выполняла семья, как важнейший социальный институт.

Выводы

Анализ социологической информации позволяет выделить основные векторы трансформации социально-демографическом пространстве:

– функциональная трансформация основных социальных институтов – семьи и брака (переход от функции воспроизводства населения в экономическую);

– переход от стабильности к неустойчивости семьи, как социального института;

– изменение размера семьи в пользу увеличения одно-двудетной семьи;

– усиление дистанции и учащение межпоколенческих конфликтов.

Существующие поколения дистанцированы между собой социальным и жизненным опытом. Прослеживается тенденция изменения функций социализации семьи. Семья, состоящая из нескольких поколений, стала «пережитком прошлого», часто слышны утверждения, что «молодые должны жить отдельно», проявляется переход от коллективных приоритетов и интересов к личностным (индивидуальным).

Основное влияние оказывают социально-экономические факторы, обусловливающие дифференциацию семей по имущественному признаку, уровням заработной платы и доходам, структуре расходов, пенсионному обеспечению и другим показателям, а также эмоционально-психологический фон семьи.

Одним из перспективных направлений исследования социально-демографического пространства региона в дальнейшем является изучение управляемой социальной трансформации, суть которой заключается, во-первых, в построении отвечающих современной ситуации преобразовательных механизмов с учетом специфики социальной компоненты региона и качества регионального сообщества, во-вторых, ориентированности на активизацию регионального социально-ресурсного потенциала (семьи, молодежи, аграрной сферы, целевой подготовки высококвалифицированных кадров и пр.).

Список литературы

1. Кутовая С.В. Теоретические принципы и методы анализа социального пространства региона // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. – 2015. – № 7. – С. 55–57.

2. Всесоюзная перепись населения 1989 года. Распределение населения СССР и регионов России по брачному состоянию, полу и возрасту. URL: http://webwarper.net/ www/demosrape.ru (дата обращения: 27.05.2018).

3. Всероссийская перепись населения 2002 года. URL: http://www.demoscope.ru/weekly/ssp/rus_sos_97.php (дата обращения: 27.05.2018).

4. Всероссийская перепись населения 2010 года. URL: http://www.demoscope.ru/weekly/ssp/rus_sos_97.php (дата обращения: 27.05.2018).

5. Stoetzel J. Sociology and Demography // Population-E. – 2006. – Vol. 61. – № 1–2. – P. 19–38.

6. Возрастно-половой состав и состояние в браке: Итоги Всероссийской переписи населения 2002 г.: В 14 т. Т. 2. – М., 2004. URL: http://www.perepis2002.ru/index.html?id=31 (дата обращения: 27.05.2018).

7. Бек У. Общество риска. На пути к другому модерну. – М.: Прогресс-Традиция, 2000. – 383 с.

8. Малева Т.М., Тындик А.О. Ловушка низкой рождаемости в Москве: высокообразованные бездетные? // Регион: Экономика и Социология. – 2014. – № 2 (82). – С. 116–136.

9. Возрастно-половой состав и состояние в браке: Итоги Всероссийской переписи населения 2002 г.: В 14 т. Т. 2. – М., 2004. URL: http://www.perepis2002.ru/index.html?id=31 (дата обращения: 27.05.2018).

УДК 811.512.154

ЭТНОКУЛЬТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РЕПРЕЗЕНТАЦИИ КОНЦЕПТА «КОНОК» («ГОСТЬ») В КИРГИЗСКОМ ЯЗЫКЕ

[1]Камбаралиева У.Д., [2]Даба Э.

[1]Американский университет в Центральной Азии, Бишкек, e-mail: u.kambaralieva@gmail.com;

[2]Международный университет Кыргызстана, Бишкек, e-mail: akbulut67@mail.ru

В статье подвергается анализу концепт «конок» («гость»), который относится к общечеловеческим универсалиям. Выявлено, что данный концепт занимает одно из важных мест в когнитивном пространстве киргизского народа и относится к ключевым концептам киргизской национальной культуры. В результате анализа установлено, что актуализация концепта «конок» («гость») тесно связана с понятием жилища кочевников, символом их культуры – юрты. Структура концепта формируется на уровне сознания, содержание его состоит из информации об окружающей действительности, о взаимосвязях в социуме, полученных кочевником в процессе его познавательной действительности. Содержание концепта «конок» («гость»), которое может быть вербализовано и отражено в языковой картине мира, реализуется в зависимости от регламентации, связанной с традицией и религиозными предписаниями. Многоплановость структуры указанного концепта обусловлена его социальной и коммуникативной значимостью в жизни народа. Полный смысловой объем этого концепта может быть описан разнообразными и разноструктурными единицами киргизского языка. В результате анализа также установлено, что лексемы «конок» («гость») и «мейман» («гость»), определяемые в словарных статьях как равнозначные, взаимозаменяемые и синонимичные, имеют специфические оттенки в семантике и используются для дифференциации разных типов гостей в жизни киргизского народа.

Ключевые слова: концепт, семантико-когнитивный анализ, когнитивный признак, вербализация, этнокультурная специфика

ETHNO-CULTURAL FEATURES OF REPRESENTATION OF THE CONCEPT «KONOK» («GUEST») IN THE KYRGYZ LANGUAGE

[1]Kambaralieva U.D., [2]Daba E.

[1]American University of Central Asia, Bishkek, e-mail: u.kambaralieva@gmail.com;

[2]International University of Kyrgyzstan, Bishkek, e-mail: akbulut67@mail.ru

The article analyzes the concept of «konok» («guest»), which refers to humanity universals. It's been revealed that the concept takes one of important places in the cognitive space of the Kyrgyz people and is referred to key concepts of the Kyrgyz national culture. As a result of the analysis it was defined that actualization of the concept «konok» is closely related with the concept of nomads' house- the symbol of the their culture – yurta. The concepts structure formed at the level of perception, its content consists of information about social realm, interrelations in society obtained by a nomad in the process of cognitive reality. The content of the concept of «konok» («guest»), which can be verbalized and reflected in the linguistic picture of the world, is realized depending on the regulation associated with tradition and religious precepts. The structure diversity of the mentioned concept is conditioned by its social and communicative value in the people's life. The full conceptual volume of this concept can be described by various and multi-structural units of the Kyrgyz language. As a result of the analysis it has been also revealed that the lexical unit «konok» («guest») and «meiman» («guest»), defined in the dictionary entries as equivalent, interchangeable and synonymous, have specific shades in semantics and are used to differentiate of various types of guests in life of the Kirghiz people.

Keywords: concept, semantically cognitive analysis, cognitive sign, verbalization, ethno-cultural specificity

Современный этап развития языкознания характеризуется пристальным вниманием исследователей к проблеме отражения этноспецифических представлений человека о мире, которые определяются как ментальные сущности и обозначаются термином «концепт». Концепты, по мнению ученых-когнитологов, – это итог познавательной (когнитивной) деятельности личности и общества, и они несут обобщенную, энциклопедическую информацию о воспроизводимом предмете или явлении, об интерпретации данной информации коллективным сознанием и отношении коллективного сознания к отражаемым объектам. А ментальный образ действительности, который сформирован когнитивным сознанием человека или народа в целом и являющийся результатом как прямого эмпирического отражения действительности органами чувств, так и сознательного рефлексивного отражения действительности в процессе мышления, понимается как когнитивная картина мира [1, с. 34]. Когнитивная картина мира состоит из множества концептосфер и стереотипов сознания, которые зависят от культуры определенного народа. Следует отметить, что когнитивная картина мира не может в полной мере пропорционально отражаться в языковой картине мира, но семантическая структура некоторых единиц языка может свидетельствовать о состоянии познания и воспроизведения объектов действительности на определенном периоде развития общества. Поэтому «судить о когнитивной картине мира по языковой картине мира можно лишь в ограниченном масштабе, постоянно имея в виду, что в языке названо только то, что имело или имеет сейчас для народа коммуникативную значимость – об этом народ говорит или говорил. Коммуникативная значимость языковой единицы, по-видимому, связана с ценностью выражаемого ею концепта для культуры народа» [2, с. 77]. Концепт по структуре – многослойное ментальное строение, в нем выявляются ценностный, понятийный и образный компоненты. Процессы возникновения и формирования концепта связаны с результатами постижения человеком окружающей действительности и корреляции их с ранее усвоенными ценностными свойствами, выраженными во многих сферах человеческой деятельности, т.е. они детерминируются культурой. Языковые средства, выбранные из системы и используемые для репрезентации концепта, активизируют его в сознании человека. Согласно позициям многих исследователей, структуру концепта можно представить в виде поля, которое состоит из ядра и периферии. Но эта структура нежесткая, и именно этот признак позволяет концепту существовать и располагаться в составе концептосферы [3, с. 172].

Целью данной статьи является анализ этнокультурных особенностей репрезентации концепта «конок» («гость») в киргизском языке. Концепт «гость» представляет собой важное ключевое понятие в жизни одного из древних народов мира – кочевого киргизского народа, который славится своими разнообразными традициями, связанными с приемом гостей. Особое уважительное отношение к гостям является неотделимой органической частью духовной и материальной культуры киргизского народа.

Для анализа данного концепта был применен семантико-когнитивный метод, который подробно рассматривается в фундаментальном труде З.Д. Поповой и И.А. Стернина [1]. Согласно этому методу сначала необходимо построить номинативное поле концепта. Построение номинативного поля начинается с установления ключевого слова – репрезентанта, объективирующего концепт [3, с. 177]. Ключевое слово выбирается на основе следующих признаков: 1) оно должно быть рекуррентным, наиболее употребительным; 2) по своему содержанию оно должно иметь обобщенное, интегральное значение; 3) стилистически нейтральное; 4) многозначное, что является основой для когнитивной интерпретации [4, с. 162].

По словарным дефинициям, лексемы «конок» («гость») и «мейман» («гость») в одинаковой мере обладают указанными признаками. Но по результатам метода верификации словарных дефиниций и ассоциативного эксперимента, более рекуррентным и менее официальным является слово «конок» («гость»). На основе этого, лексема «конок» считается ключевым словом одноименного концепта и будет обозначать ядерную часть его полевой структуры, а «мейман» – будет располагаться в ближней периферии как ее синоним.

В киргизском языке выделяются следующие значения лексемы «конок»: *1. Жол жүрүп баратып, конуп кетүү үчүн токтогон жолоочу* (досл.: путник, остановившийся по дороге на ночлег). *2. Коноктоо, сыйлоо үчүн атайы чакырылган мейман* (досл.: специально приглашенный человек, которого встречают с почестями и угощают) [5].

В киргизском языке лексемы «мейман» и «конок» в функционируют в речи как абсолютные синонимы. Но этимологические толкования данных лексем дают возможность дифференцировать их значения. Слово «конок» было зафиксировано еще в словаре Махмуда Кашгари (1028–1077) в значении «гость» [6]. Производными от этого слова являются все другие слова с корнем *кон-*, который передает значение «садиться», «переночевать». Например, *учак/ көпөлөк конду – самолет/ бабочка сел/а.* Лексема *мейман,* по данным толковых словарей, заимствована из фарси и определяется так же, как и лексема *конок (сый көрүүчү адам, досл.: гость, кому оказывают уважение)* [7]. На основе значений, приведенных в словарях, можно выявить дифференцирующий семантический признак этих лексем. Если «конок» – это гость, после приема остающийся у хозяина ночевать, то «мейман», наоборот, уходящий к себе домой после приема и традиционных угощений гость. В данное время когнитивный признак концепта «конок» – «остающийся на ночлег», постепенно приходит, по выражению В.И. Карасика, к «угасанию» [8].

Следует отметить, что в структуре концепта разграничиваются микро- и макрокомпоненты. Когнитивные признаки, микрокомпоненты, из совокупности которых формируется содержание концепта, уплотняются в макрокомпоненты и отражают содержательные типы информации, репрезентированной в концепте [3, с. 173]. К макрокомпонентам концепта относятся: *образное, энциклопедическое и интерпретационное поля.* Указанные выше словарные определения лексем «конок» и «мейман» («гость») могут быть отнесены к *энциклопедической* информации, в которой отражаются общие и категориальные дифференциальные признаки концепта. Эта информация, данная в словарях, несет наиболее распространенную и известную всем носителям языка смысловую нагрузку и в структуре концепта находится в ядерной части. Словарные дефиниции представляют степень вербализованности концепта на уровне языка и не могут охватить всю характеристику, а лишь отражают основные, актуальные и ядерные семы семантической структуры. А другие понятия и смыслы, бытующие также в сознании говорящих на этом языке людей и актуализирующиеся в процессе коммуникации в зависимости от важности и ценности для коммуникантов, могут быть менее актуальными для всех носителей языка и не фиксироваться в словарях. Они, как правило, могут эксплицировать локальные, даже окказиональные смыслы и располагаться на периферии полевой структуры концепта. Эти компоненты выражают образную и интерпретационную информацию из всего его содержания.

В образный компонент входят перцептивные и когнитивные образы, этот компонент кодирует соответствующий концепт как единицу мышления. Если перцептивный образ является результатом воспроизведения денотата через органы чувств, то когнитивный образ показывает связи всего объема смыслов в структуре концепта с содержаниями других концептов. В образном компоненте концепта «конок» («гость») можно выявить когнитивные признаки, выражаемые следующими единицами: *куттуу («приносящий благо»), урматтуу (уважаемый), кадырлуу (почтенный), и др.* Обдумывание сути концепта и интерпретации его образа и энциклопедического содержания со стороны народа составляют *интерпретационный компонент* концепта [3, с. 173].

У киргизского народа гости бывают четырех видов: 1) *чакырылган конок* – специально приглашенный гость; 2) *кудайы конок* – «посланный Богом» гость; 3) *чакырылбаган конок*, т.е. неприглашенный, незваный гость; 4) милдеттүү конок – обязательный гость [7].

Первый вид гостей – *чакырылган конок* приходит только после получения от хозяина приглашения в устной или письменной форме. Обычно киргизы приглашают в гости некоторых людей с целью получить их благословение – бата для своей семьи. К категории таких людей относятся уважаемые всеми почтенные аксакалы – мудрецы, а также лица, прославившие свой народ своим подвигом, талантом, трудом, и т.д. [9, с. 65].

Второй вид гостей – кудайы конок («посланный Богом», или «гость от Бога») – это случайные гости, путники, абсолютно незнакомые люди. В номинации этого вида гостей имеется сема – «нуждающийся в помощи и заботе». У киргизского народа есть поверье, согласно которому хозяева должны принять любого, кто придет к ним домой. А если такого гостя не принять, то этот дом постигнет кара, потому что гость может быть посланником Аллаха – Кыдыр Ата в обличье путника, дервиша, и др., прибывшим для проверки нравственных устоев человека. По верованиям киргизского народа после встречи с Кыдыр Ата человеку начнет везти во всем или же, наоборот, он получит наказание в соответствии со своими поступками. Следовательно, такие поверья, тесно связанные с народными обычаями, демонстрируют значимость традиции гостеприимства как одной из заповедей мусульманской религии в жизни киргизского народа.

Третий вид гостей – чакырылбаган конок («неприглашенный, незваный гость») – это тоже случайный гость, который ввиду каких-либо обстоятельств решил навестить хозяина без приглашения и предупреждения. В отличие от «кудайы конок», т.е. посланного Богом гостя, в содержании номинации данного вида гостя нет семы «нуждающийся в помощи» и он обычно знаком с хозяином. В диссертационных исследованиях концепта «гость» на материале русского, английского, китайского и других языков отмечается негативное отношение к незваному гостю, эксплицируется даже отношение по социальному статусу гостя. А в киргизском языке единиц с негативной оценкой незваного гостя не обнаружено. Если же гость не предоставил хозяину возможности подготовиться к его приходу, то он не должен обижаться на прием не на должном уровне: *чакырылбаган конок шыпырылбаган жерге отурат (посл.), досл.: незваный гость сядет на неподметённое место. В* любом случае, особенно в наши дни, киргизскому народу (как и всем), больше по душе гости, пришедшие по приглашению. Об этом свидетельствуют такие примеры, как: *келгенче конок уялат, ал келгенден кийин үй ээси уялат (посл.), досл.: до прихода гость стесняется, а после его прихода хозяин стесняется* (из-за страха встретить незваного гостя не по правилам и потерять лицо, и этим опозорить даже весь род или племя). Характеристику и оценку как незваный, так и «Богом посланный» гость получают после проявления в доме хозяина своих личностных качеств и знаний народных обычаев, этикета, а факт прибытия в гости без приглашения в народе не осуждается.

Четвертый вид гостя – милдеттүү конок, т.е. обязательный гость, отражает идею взаимовыручки одной из традиций киргизов, которая соблюдается и в наши дни. По данной традиции, если к человеку пришло множество гостей, и в доме его мало места, то соседи, родственники разделяют их на группы по возрасту, по полу и уводят в свой дом, чтобы облегчить заботы хозяев и еще раз продемонстрировать гостям почтение от имени хозяина. Интерпретационное поле охватывает: 1) оценочную, 2) утилитарную, 3) социокультурную, 4) регулятивную зону [1, с. 110]. Например, *оценочная зона* концепта «конок» эксплицируется средствами, имеющими антонимическую пару. Следовательно, эту зону целесообразно разделить на микрозоны с отрицательной и положительной оценкой. Оценка в структуре концепта «конок» выявляется на основе отношения человека к обществу, его законам и может быть общей *(жаман, жакшы; плохой, хороший)*, интеллектуальной *(акылдуу, акылсыз; умный, глупый)*, эстетической *(ажарлуу, ажарсыз; красивый, некрасивый)*, эмоциональной *(жагымдуу, жагымсыз; приятный, неприятный)*, моральноэтической *(ак көңүл, каардуу; добрый, злой)*.

2. Утилитарная зона отражает отношения человека к денотату концепта с прагматической позиции. Это отражение знаний, связанных с возможностью и особенностями использования предмета или явления людьми для каких-либо практических целей [1, с. 111]. Например, *конокто курсак тойгондон, кулак тойгон артык, досл.: в гостях лучше пусть уши насытятся, чем живот, т.е. лучше узнать что-либо полезное и интересное, чем наполнить желудок; конок тоскон – көп машакат, досл.: встречать гостей – много хлопот, и др. В* киргизском языке данная зона отражает также морально-этические принципы, связанные с вопросами гостеприимства. Например, по традиции нельзя идти в гости с пустыми руками. Приглашение в гости в обязательном порядке должно быть принято, отклонение без уважительной причины считается невоспитанностью и осуждается в обществе. Это отражено в следующих пословицах: *чакырганга барбаган – ымдаганга зар болот (здесь: тот, кто не пошел, когда позвали, потом будет сильно ждать, кто бы мигнул в знак приглашения, т.е. уже не дождется приглашения), чакыргандан калбагын, өзүң басып барбагын, досл.: если приглашают, не отставай, сам не ходи (без приглашения), и др.*

3. Социокультурная зона охватывает когнитивные признаки, отражающие быт и культуру народа. К таким признакам можно отнести фоновые сведения о традициях и обычаях киргизов, связанные с приемом гостей. Например, для любого гостя киргизы по традиции режут барана, встречать гостя с «пустым» достарханом считается позором *(сойсо – козу өлөт, сойбосо – өзү өлөт, досл.: зарезать ягненка – ягненок умрет, если не зарезать – сам умрет (от позора))*. Во время трапезы должны следовать обычаю *конок каадасы,* т.е. гостя развлекают песнями, игрой на музыкальных инструментах, веселыми рассказами, и т.д. По канонам народной традиции – *коноктун курсагы да, кулагы да тойсун*, т.е. чтобы у гостя «не только желудок, но и уши насытились». Если у хозяина нет каких-либо способностей, то он обычно приглашал к себе акынов, или певцов. А гость, по обычаю, если он молодой, мог сделать какой-нибудь подарок приглашенному таланту, а если он в годах – дать благословение – бата, которое ценилось больше, чем материальное поощрение [9, с. 65].

4. Регулятивная зона охватывает предписания, правила, табу коммуникативного поведения для гостя и хозяина, которые вырабатывались народом на протяжении многих веков. Например, *конок – койдон жоош, досл.: гость (должен быть) тихий, как овечка; үйдөгү адатыңды сырттан көрсөтпө, досл.: не показывай свои привычки вне дома; конокко «кел» демек бар, «кет» демек жок, здесь: гостю можно говорить «приходи», но нельзя говорить «уходи», и др.* Гость не должен злоупотреблять гостеприимством хозяина: *конок бир консо – кут, эки консо – жут, досл.: если гость ночует раз – счастье, если два раза ночует – как несчастье, джут (падеж скота)* [7]. Следует отметить, что у киргизского народа существовала подробная инструкция о том, как вести себя в гостях, которая передавалась из поколения в поколение. Но, как показал результат анализа, в киргизском языке намного меньше правил для хозяина, принимающего гостя. Видимо, это связано с тем, что гостеприимство является обязательным и само собой разумеющимся явлением в жизни киргизского народа, поэтому для оценки хозяина и его деятельности используются средства с общей семантикой характеристики человека.

Значение гостя и гостеприимства в полной мере раскрывается в тесной связи с понятием жилища кочевников – боз үй (букв. серый дом), кийиз үй (букв. войлочный дом) [10]. В русском языке значение данного предмета функционирует под названием «юрта», которая появилась от многозначного киргизского слова «журт»: 1) народ, подданные; 2) родня, близкие; 3) место, где стояла юрта или аул, оставленное стойбище; 4) страна, родина [7]. Концепт «юрта» несет в себе широкую семиотическую семантику как символ номадов и тюркского мира, социального статуса кочевника, отражает его восприятие пространства и времени. Киргизский народ всегда юрту ставит так, чтобы вход в нее располагался с восточной или юго-восточной стороны, поскольку по народному поверью Тенгри – Бог с первыми лучами солнца посылает каждому его долю насущную – «ырыскы». Восток олицетворяет начало жизни, точку отсчета, а запад – закат, от дверей юрты в направлении с востока на запад проходит диагональ, разделяющая юрту на две части. С движением солнечного диска с востока на запад реализуется цикл жизни, поэтому киргизы установление юрты начинали с дверей – «босого», затем от дверей по кругу ставили «кереге» – решетчатые стены юрты [10]. Напротив дверей располагается почетное место – «төр» для представителей старшего поколения семьи хозяина и гостей. Дифференциация других частей юрты производится с почетного места – по правую сторону от него находится часть для мужчин – «эр жак», по левую сторону – на «эпчи жак» сидят женщины, в центре юрты располагается очаг, младшие члены семьи должны сидеть у входа в юрту – «улага». После первого этапа встречи гостей, второй этап приема гостей начинается с рассаживания их по местам. Рядом с главным хозяином жилища сажают гостя, как бы демонстрируя ему свое почтение и знак предоставления защиты в случаях опасности. Ритуал распределения частей отваренного барана – «устуканов» – это своеобразная глюттоническая коммуникация хозяина с гостями и другими присутствующими на трапезе людьми. Устуканы у киргизов – не просто отваренные кости с мясом, а экспликация отношения хозяина к присутствующим, символы их статусов, поэтому иногда «награждая» не умеющего вести себя человека «не почетным» устуканом, хозяин мог прилюдно поставить его на место. Самый почетный гость или старейшина – аксакал получает очищенную от шерсти и хорошо опаленную, отваренную голову барана и берцовую кость, что символизирует его положение, определенное членами данного общества. Остальные части барана также распределяются по возрасту и статусу гостей. Аксакал, получивший голову барана, отрезав кусочек от бараньей головы, отведав сам и угостив всех сидящих, по традиции передает эту голову сыну хозяина, чтобы он продолжил путь старшего поколения и стал главой всех. Считается грубейшим нарушением этикета и позором, если мужчина уносит устуканы с собой, таких называют в народе «көргөнсүз», т.е. букв. ничего не видевший, невежественный. У киргизов обязательной завершающей частью угощения гостей, а также любого мероприятия локального или общегосударственного масштаба считается произнесение благословений – рифмованных, глубоких по смыслу пожеланий хозяину, просьб и обращений к Богу. Благословение произносит гость или старший из присутствующих, раскрывая ладони внутренней стороной кверху и держа их на уровне груди. Заканчивают благословение со словом «Оомийин» [9].

Таким образом, анализ концепта «конок» показал, что данный концепт является этнокультурно детерминированным проявлением общечеловеческой универсалии, и репрезентация его охватывает все сферы жизнедеятельности киргизского народа. Концепт «конок» («гость») имеет сложную структуру, состоящую из множества признаков и компонентов, что демонстрирует многогранность концептуализируемой и вербализуемой реальности, отражающую эволюцию взаимоотношений людей в социуме с кочевым, полукочевым и оседлым образами жизни.

Список литературы

1. Попова З.Д., Стернин И.А. Когнитивная лингвистика. – М.: АСТ: Восток – Запад, 2007. – 314 с. URL: Режим доступа: URL: www.twirpx.com (дата обращения: 13.06.2018).

2. Антология концептов / Под ред. В.И. Карасика, И.А. Стернина. Том 1. – Волгоград: Парадигма, 2005. – 352 с. URL: www.superlinguist.ru/...skachat.../karasik-v-i-sternin-i-a-antologiia-kontceptov-tom-1.html (дата обращения: 13.06.2018).

3. Стернин И.А. Теоретические и прикладные проблемы языкознания. Избранные работы / И.А. Стернин / Научный ред. З.Д. Попова. – Воронеж: Истоки, 2008. – 596 с.

4. Камбаралиева У.Д. Темпоральная категоризация в концептуальной картине мира (на материале русского и кыргызского языков): монография / У.Д. Камбаралиева / Научный ред. И.А. Стернин. – Бишкек, 2018. – 392 с.

5. Кыргыз тилинин түшүндүрмө сөздүгү (толковый словарь кыргызского языка). URL: http: el-sozduk.kg/kg/news/kyrgyz-tilinin-tushundurmo-sozdugu/ (дата обращения: 13.06.2018).

6. Махмуд ал-Кашгари Диван Лугат ат-Турк. Режим доступа: URL: https://www.twirpx.com› (дата обращения: 13.06.2018).

7. Юдахин К.К. Киргизско-русский словарь. В двух книгах. URL: http: bizdin.kg/книга/Кыргызча-орусча-сөздүк-К-К-Юдахин (дата обращения: 13.06.2018).

8. Карасик В.И. Языковой круг: личность, концепты, дискурс: монография. – Волгоград: Перемена, 2002. – 477 с. Режим доступа: URL: www.twirpx.com (дата обращения: 13.06.2018).

9. Камбаралиева У.Д. Вербальные средства речевого воздействия в киргизских фольклорных текстах (на примере народных заклинаний и заговоров) / У.Д. Камбаралиева // Продолжающееся научное издание: Язык и национальное сознание, вып. 24. / Науч. ред. И.А. Стернин. – Воронеж: Ритм. – 2018. – С. 61–69.

10. Кочевая цивилизация Центральной Азии: юрта. URL: https://www.baibol.kg/ru/tourism-in-kyrgyzstan/yurt/ (дата обращения: 13.06.2018).

МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ

УДК 616-006.66

РЕЗИДУАЛЬНЫЙ РАК МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

[1]Ерещенко С.С., [1]Дашян Г.А., [1,2]Криворотько П.В., [1]Иванова О.А., [1]Табагуа Т.Т., [1]Губайдуллина М.А., [1]Аполлонова В.С., [2]Даниелян Д.А., [3]Прокопенко А.Д., [1]Семиглазов В.Ф.

[1]ФГБУ «НМИЦ онкологии им. Н.Н. Петрова» Минздрава России, Санкт-Петербург;
[2]ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, Санкт-Петербург;
[3]ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова» Минздрава России, Санкт-Петербург, e-mail: dr.ereschenko@gmail.com

В исследовании Symmans и соавт. (2017) была поставлена цель определить долгосрочный прогноз при каждом фенотипическом подтипе РМЖ в зависимости от резидуальной (остаточной) опухоли (RCB) после одной неоадъювантной химиотерапии или ее комбинации с анти HER2-таргетной терапией. Авторы провели патоморфологический обзор измерений и оценок индекса RCB (residual cancer burden), в котором полный патоморфологический ответ обозначается как RCB=0; а резидуальное заболевание категоризировалось в три предопределенных класса индекса RCB (RCB-I, RCB-II, RCB-III и постнеоадъювантную стадию ур остаточной опухоли). Пациенты наблюдались проспективно для анализа выживаемости. Фенотипические подтипы определялись по гормонально-рецепторному и HER2 статусу при первичном диагнозе и классифицировались как ER-позитивный/ HER2-негативный, HER2-позитивный (ER-негативный/ HER2-позитивный или ER-позитивный/HER2-позитивный), и трижды рецептор-негативный. Безрецидивная выживаемость устанавливалась с помощью анализа по Каплану – Майеру и сравнивались с помощью логрангового теста. Средний период наблюдения в пяти когортах (T/FAC-1 [n = 219], T/FAC-2 [n = 262], T/FAC-3 [n = 342], FAC [n = 132], и H+T/FEC [n = 203]) равнялся 13,5; 9,1; 6,8; 16,4 и 7,1 годам соответственно. Индекс RCB являлся прогностическим в пределах каждого фенотипического подтипа, независимо от других клинико-патоморфологических вариабельностей. RCB классы стратифицировали прогностический общий риск в пределах каждого фенотипического подтипа и в пределах категории ур-стадий установлены показатели 10-летней безрецидивной выживаемости в четырех RCB-классах (патоморфологический полный ответ, RCB-I, RCB-II, RCB-III) равнялись сответственно 86, 81, 55 и 23% для трижды-рецептор негативных опухолей; 83, 97, 74, и 52% для ER-позитивных/ HER2-негативных опухолей в комбинированных когортах T/FAC; и 95, 77, 47 и 21% в когорте H+T/FEC. В целом индекс RCB оказался прогностическим для долгосрочной выживаемости после неоадъювантной химиотерапии во всех трех фенотипических РМЖ.

Ключевые слова: рак молочной железы, неоадъювантная химиотерапия, резидуальный рак

RESIDUAL BREAST CANCER

[1]Erechshenko S.S., [1]Dashyan G.A., [1,2]Krivorotko P.V., [1]Ivanova O.A., [1]Tabagua T.T., [1]Gubaydullina M.A., [1]Apollonova V.S., [2]Danielyan D.A., [3]Prokopenko A.D., [1]Semiglazov V.F.

[1]N.N. Petrov National Medical Research Center of Oncology, Ministry of Health of Russia, Saint Petersburg;
[2]North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, Ministry of Health of Russia, Saint Petersburg;
[3]Acad. I.P. Pavlov First Saint Petersburg State Medical University, Saint Petersburg, e-mail: dr.ereschenko@gmail.com

In the study, Symmans et al. (2017), the goal was to determine the long-term prognosis for each phenotypic subtype of breast cancer as a function of residual (RCB) after one neoadjuvant chemotherapy or a combination with anti-HER2 therapy. The authors carried out a pathomorphological survey of the measurements and estimates of the RCB (residual cancer burden) index, in which the complete pathomorphological response is denoted as RCB = 0; and residual disease was categorized into three predetermined classes of the RCB index (RCB-I, RCB-II, RCB-III and post-neoadjuvant yp of the residual tumor). Patients were prospected for survival analysis. The mean observation period in five cohorts (T / FAC-1 [n = 219], T / FAC-2 [n = 262], T / FAC-3 [n = 342], FAC [n = 132], and H + T / FEC [n = 203]) was 13.5, 9.1, 6.8, 16.4, and 7.1 years, respectively. The RCB index was prognostic within each phenotypic subtype, regardless of other clinico-pathomorphological variability. RCB classes stratified the prognostic overall risk within each pfenotypic subtype, and 10-year disease-free survival in four RCB classes (pathological complete response, RCB-I, RCB-II, RCB-III) was established within the category of yp stages.%, 81%, 55% and 23% for the triple-receptor negative tumors; 83%, 97%, 74%, and 52% for ER-positive / HER2-negative tumors in combined T / FAC cohorts; and 95%, 77%, 47% and 21% in the H + T / FEC cohort. Overall, the RCB index was prognostic for long-term survival after neoadjuvant chemotherapy in all three phenotypic breast cancer.

Keywords: breast cancer, neoadjuvant chemotherapy, residual cancer

Механизм FDA для ускоренного одобрения химиотерапевтического лечения раннего (операбельного) РМЖ высокого риска базируется на увеличении частоты полного патоморфологического регресса опухоли (pCR) после неоадъювантного лечения в рандомизированном клиническом испытании [1–3]. Хотя этот подход демонстрирует надежность в прогностической значимости pCR, все еще остается неясным, какова величина прогностического отличия может оказаться от улучшения частоты pCR [3–5]. Прогностическое отличие может также зависеть от распределения распространенности резидуального заболеваемости в каждом лечебном «рукаве», если оно имеет отношение к долгосрочному прогнозу в пределах каждого биологического подтипа РМЖ [6–8].

Существует два главных патоморфологических измерения резидуального заболевания резецированного препарата: ур-stage (American Joint Comission on Cancer Stage) и «оценка ложа остаточной опухоли (residual cancer burden- [RCB]). Метод RCB использует принципы «патоморфологических образцов-шаблонов» (pathologic sampling) и сообщений (отчетов), что также необходимо для точного определения наличия опухоли и ур-стадии любого резидуального заболевания после неоадъювантного лечения [9–12]. Следовательно, эта методика обеспечивает стандартизированную операционную процедуру для проспективной оценки постнеоадъювантных препаратов, требующую для исследования только стандартные гистологические препараты, минимальное время без дополнительных расходов [13–15]. Публичный web-сайт обеспечивает образовательные видеоматериалы для патологов, включая онлайн-калькулятор для определения шкалы индекса RCB (RCB index score) и класса RCB [16].

Шкала индекса RCB определяется из наиболее крупных зон и клеточности остаточной инвазивной первичной опухоли и числа метастатических лимфоузлов и размера наибольшего метастаза. Полный патоморфологический регресс (ответ) – pCR (стадия-ypT0/is, ypN0) эквивалентен RCB=0; а RCB класс квалифицируется как минимальный (RCB-I), умеренный (средний) (RCB-II), экстенсивный (обширный) (RCB-III) на основании предопределенных «разделительных срезов» (cut points) 1,36 и 3,28 шкал индекса RCB [17–19].

В исследование Symmans было включено пять проспективных когорт пациентов с РМЖ с целью проверить долгосрочную прогностическую надежность измерения индекса и класса RCB после неоадъювантной химиотерапии в пределах каждого фенотипического подтипа РМЖ.

Материалы и методы исследования

Индекс RCB ассоциировался с риском рецидива или смерти, а пропорциональные риски (hazard ratios) в классах RCB были достоверны во всех пяти когортах, скорректированных по возрасту, клинической стадии и степени злокачественности. Индекс массы и диабетический статус не сказывались на прогнозе в любой когорте. Хотя изначально индекс RCB разрабатывался на данных когорты T/FAC-1, Symmans и соавт. наблюдали схожие долгосрочные прогностические результаты и в других когортах. RCB индекс и RCB классы добавляли независимую прогностическую информацию к ур стадии в рамках мультивариантных моделях и к ур-N стадии [20–22]. Кроме того, редкие рецидивы при достижении pCR не имели очевидной ассоциации с хирургической процедурой, радиографии препарата или с фенотипом опухоли [23–25].

Трижды-негативный РМЖ: T/FAC химиотерапия

Наблюдалась следующая пропорция пациентов в различных классах RCB: 35% pCR, 15% RCB-I, 33% RCB-II, 17% RCB-III. Хороший прогноз наблюдался у пациентов, достигших pCR (5-летняя безрецидивная выживаемость 94%, 10-летняя RFS-86%). В классе RCB-I – пятилетняя RCB достигала 89%. 10-летняя – 81%. Прогноз ухудшался у пациентов с RCB-II (пятилетняя RFS-62% и 10-летняя RFS-55%). В классе RCB-III 5-летняя RFS равнялась лишь 26%, а десятилетняя RFS-23%. В мультивариантной модели для оценки безрецидивной выживаемости только индекс RCB имел независимое прогностическое значение (HR 1.92), в то время как возраст, клинические стадия, степень злокачественности, мультифокальность и pCR не имели такого значения [26, 27].

ER-позитивный/HER2-негативный РМЖ: T/FAC химиотерапия

В зависимости от RCB класса пропорция пациентов распределялись следующим образом: pCR-10%, RCB-I – 13%, RCB-II – 60% и RCB-III – 17%. Наблюдался хороший прогноз у пациентов, достигших pCR (5-летняя безрецидивная выживаемость (RFS) равнялась 88%, а десятилетняя – 83%). При RCB-I 5-летняя безрецидивная выживаемость равнялись 100%, а 10-летняя RFS равнялась 97%). Пациенты с классом RCB-II характеризовались такой же 5-летней безрецидивной выживаемостью, что и при достижении pCR-87%, но более низкой 10-летней выживаемостью – 74%. Однако обширное (экстенсивное) резидуальное заболевание (RCB-III) знаменовало значительное ухудшение прогноза: 5-летняя безрецидивная выживаемость 70%, 10-летняя 52%. При мультивариантном анализе индекс RCB, первичная стадия III и (парадоксально) pCR были независимыми прогностическими признаками, в то время как возраст, степень злокачественности и мультифокальность такими свойствами не обладали [28, 29].

HER2-позитивный РМЖ: одна химиотерапия по схеме T/FAC

В зависимости от RCB класса пропорция больных распределилась следующим образом: pCR – 37%; RCB-I – 17%, RCB-II – 31%; RCB-III – 15%. Показатели 5-летней безрецидивной выживаемости (RFS) оказались наиболее высокими при достижении pCR: RFS-94% г 5-му году и 88% через 10 лет). 5-летняя выживаемость при классе RCB-I равнялись 89% и 63% через 10 лет. Долгосрочный прогноз для RCB-II и RCB-III оказался схожим: 5-летняя RFS-62%, 10-летняя – 44% при RCB-II; 5-ти летняя и 10-летняя

RFS для RCB-III – 47%. В мультивариантной модели при оценке RFS оказались независимо значимыми вариабельностями следующие признаки: ядерная степень злокачественности, мультифокальность. А возраст, клиническая стадия и индекс RCB таким свойством не обладали.

HER2-позитивный РМЖ: химиотерапия T/FEC с трастузумабом

В зависимости от класса RCB пропорция пациентов распределилась следующим образом: pCR – 45%, RCB-I – 19%, RCB-II – 29% и RCB-III – 7%. Классы RCB имели прогностическое значение в подгруппах с ER-/HER2+ и ER+/HER2-опухолями. Пациенты, достигшие pCR имели превосходный долгосрочный прогноз (5-летняя и 10-летняя RFS-95%) что значительно выше, чем при других классах RCB. 5-летняя RFS при RCB-I равнялась 81%, а 10-летняя – 77%. При классе RCB-III 5-летняя и 10-летняя равнялись лишь 21%. В мультивариантном анализе только индекс RCB или независимое прогностическое значение, в то время как возраст, исходная клиническая стадия, мультифокальность и даже pCR этим свойством не обладали.

Результаты исследования и их обсуждение

Индекс и классы RCB оказались прогностически значимыми при всех вариантах неоадъювантного лечения и всех фенотипических подтипах [30]. При фенотипах высокого риска – трижды негативном РМЖ (получавших схему T/FAC) и HER2-позитивном заболевании (получавших трастузумаб+T/FEC), индекс RCB был единственным прогностическим признаком в мультивариантной модели, включавшей оценку возраста, первоначальной клинической стадии (cTNM), степени злокачественности, мультифокальности и pCR [9]. При ER-позитивном/HER2-негативном фенотипе индекс RCB и первоначальная cTNM имели независимое прогностическое значение.

RCB и yp-стадия вместе определяют величину резидуального заболевания в молочной железе и регионарных лимфоузлах, но определяют размер различно [13–15]. Индекс и класс RCB резидуального заболевания обладают независимым прогностическим свойством в мультивариантном анализе, включающем yp-стадию, yp-T, yp-N. RCB-классы усиливают прогностическую пригодность yp-стадии II и yp-стадии III, добавляя информацию к этим стандартным оценкам, свидетельствуя что оба фактора-RCB и yp-стадия (ypT и ypN) должны регистрироваться при резидуальном заболевании.

В отличие от системы CPS+EG (включающей клиническую стадию cTNM, yp-стадию, рецепторы эстрогенов и степень злокачественности), RCB не охватывает эту дополнительную долечебную информацию [19–21]. Кроме того, Neo-Bioscore, являющаяся модификацией CPS-EG (дополняется HER2-статус [23–25], являющаяся прогностической при РМЖ и способная усилить yp-стадию как прогностический инструмент, особенно при ER-позитивном/HER2-негативном подтипе [26]. Однако RCB характеризует прогноз в пределах каждого фенотипического подтипа, подвергающихся различному лечению. Поэтому будущее усовершенствование RCB должно быть фенотипически специфичным, включая ребалансирование индекса RCB и разделительных числовых срезов (cut points) и подходящую комбинацию с долечебной (первичной) и биомаркерной информацией. При трижды-негативном РМЖ (ТНРМЖ) ответ на неоадъювантную химиотерапию был наиболее важной детерминантой выживаемости. Приблизительно половина ТНРМЖ популяции достигла pCR или RCB-I с хорошим прогнозом. Прогноз был хуже при RCB-II и RCB-III.

При ER+/HER2- РМЖ патоморфологический ответ на химиотерапию (RCB индекс) имел прогностическое значение, как и при других фенотипических подтипах. Поэтому, хотя дихотомное (dichotomous) отличие между pCR и резидуальным заболеванием представляется субоптимальным прогностическим суррогатом для ER+/HER- РМЖ [27], сама распространенность RCB является прогностически значимой. Более того резидуальный риск для пациентов с RCB-II и RCB-III повышается декадой позже: значит недостаточный ответ на химиотерапию может иметь отдаленные прогностические последствия для этих пациентов (несмотря на адъювантную эндокринотерапию).

Группа пациентов с RCB-II представляет важный вызов для улучшения прогностической стратификации, так как она охватывает приблизительно 60% ER+/HER2-РМЖ и характеризуется 74% десятилетней безрецидивной выживаемостью (RFS). Резидуальный ER+/HER2-РМЖ имеет бимодальное распределение RCB и явно зависит от yp-N-статуса [17–19]. Тем не менее RCB оставалось прогностически значимым при позитивных (метастатических) лимфоузлах (ypN+).

Более эффективная неоадъювантная химиотерапия может улучшить выживаемость ER+/HER2-заболевания, даже если частота pCR не изменяется, т.е. безотносительно pCR [27, 28]. Точно так же меньшая масса (burden) резидуального заболевания совпадает с большей вероятностью пользы от адъювантной эндокринотерапии [30, 31]. Таким образом, распределение индекса RCB может оказаться информативным в рандомизированных клинических испытаниях, как бы то ни было, у пациентов с ER+/HER2-заболеванием и RCB II наблюдается комплекс прогностических взаимосвязей, включающих распространение опухоли при первичном диагнозе, природную биологию, чувствительность к химиотерапии и чувствительность к адъювантной эндокринотерапии [22]. Понимание этой сложной системы может привести к излечению большего числа пациентов с II–III стадиями РМЖ.

При HER2-позитивном заболевании индекс RCB был прогностически значимым после одной химиотерапии и в ее комбинации с трастузумабом. Кроме того наблюдался прекрасный 10-летний прогноз для pCR в когорте, получавшей трастузумаб+химиотерапию (H+T/FEC), вызывая размышление о полном излечении с помощью последовательного применения трастузумаба и химиотерапии, послеоперационного (адъювантного) трастузумаба и возможного иммунологического «надзора» (surveillance). Это поддерживает критерий pCR как важная суррогатная «конечная точка» (end point) для клинических испытаний химиотерапии при HER2-позитивном РМЖ. RCB-I при ER+/HER2+ РМЖ прогностически уступает значимости pCR, то же относится и к RCB-II.

Патоморфологический ответ в лимфатических узлах является связным прогностическим фактором, поддерживая использование биопсии сигнальных лимфоузлов после неоадъювантного лечения [32]. В исследовании ACOSOG Z1071 частота ложнонегативных заключений в «послелечебной» биопсии сигнальных лимфоузлов достигала 12,6 % у пациентов с документированными метастатическими лимфоузлами до лечения [33]. Но дополнительная радиологическая локализация доказанных метастатических узлов (до лечения) улучшает их поиск снижая частоту ложно-отрицательных заключений до 2 % и ниже, усиливая точность оценки RCB и yp-N стадию [34, 35].

Заключение

В целом индекс RCB является значимым прогностическим параметром для общей и безрецидивной выживаемости после неоадъювантной системной терапии во всех биологических подтипах РМЖ и в планировании назначения адъювантного лечения резидуального РМЖ.

Список литературы

1. Семиглазов В.Ф. и др. Неоадъювантная системная терапия рака молочной железы (ретроспективный и проспективный анализ) // Вопросы онкологии. – 2017. – Т. 63, № 2. – С. 256–260.

2. Семиглазов В.Ф. и др. Новые возможности лечения рака молочной железы: ингибиторы микротрубочек // Фарматека. – 2017. – № 17. – С. 45–49.

3. Symmans F., Wei C., Gould Rebekah et. al. Long-term prognostic risk after neoadjuvant chemotherapy associated with residual cancer burden and breast cancer subtype. J. Clin Oncol, 2017, vol. 35, № 10, pp. 1049–1060.

4. Cortazar P., Zhang L., Untch M., et al: Pathological complete response and long-term clinical benefit in breast cancer: The CTNeoBC pooled analysis. Lancet, 2014, vol. 384, pp. 164–172.

5. Food and Drug Administration, HHS: Pathologic complete response in neoadjuvant treatment of highrisk early-stage breast cancer: Use as an endpoint to support accelerated approval; guidance for industry; availability. Fed Regist, 2014, vol. 79, pp. 60476-60477.

6. Gianni L., Eiermann W., Semiglazov V., et al: Neoadjuvant and adjuvant trastuzumab in patients with HER2-positive locally advanced breast cancer (NOAH): Follow-up of a randomised controlled superiority trial with a parallel HER2-negative cohort. Lancet Oncol, 2014, vol. 15, pp. 640–647.

7. Berry D.A., Hudis C.A. Neoadjuvant therapy in breast cancer as a basis for drug approval. JAMA Oncol, 2015, vol. 1, pp. 875–876.

8. Hatzis C., Symmans W.F., Zhang Y., et al: Relationship between complete pathologic response to neoadjuvant chemotherapy and survival in triplenegative breast cancer. ClinCancerRes 2016, vol. 22, pp. 26–33.

9. DeMichele A., Yee D., Paoloni M., et al: Neoadjuvant as future for drug development in breast cancer–Response. Clin Cancer Res, 2016, vol. 22, pp. 269.

10. Symmans W.F., Peintinger F., Hatzis C., et al: Measurement of residual breast cancer burden to predict survival after neoadjuvant chemotherapy. J. Clin Oncol, 2007, vol. 25, pp. 4414–4422.

11. Bossuyt V., Provenzano E., Symmans W.F., et al: Recommendations for standardized pathological characterization of residual disease for neoadjuvant clinical trials of breast cancer by the BIGNABCG collaboration. Ann Oncol, 2015, vol. 26, pp. 1280–1291.

12. Provenzano E., Bossuyt V., Viale G., et al: Standardization of pathologic evaluation and reporting of postneoadjuvant specimens in clinical trials of breast cancer: Recommendations from an international working group. Mod Pathol, 2015,vol. 28, pp. 1185–1201.

13. The University of Texas,MDAnderson Cancer Center Residual Cancer Burden Calculator. URL: www. mdanderson. org/breastcancer_RCB.

14. Hudis C.A., Barlow W.E., Costantino J.P., et al: Proposal for standardized definitions for efficacy end points in adjuvant breast cancer trials: The STEEP system. J. Clin Oncol, 2007, vol. 25, pp. 2127–2132.

15. Pocock S.J., Clayton T.C., Altman D.G. Survival plots of time-to-event outcomes in clinical trials: Good practice and pitfalls. Lancet, 2002, vol. 359, pp. 1686–1689.

16. Harrell F.E. Jr. Regression modelling strategies: With applications to linear models, logistic regression, and survival analysis. Springer-Verlag, New York. 2001.

17. Hess K.R., Levin V.A. Getting more out of survival data by using the hazard function. Clin Cancer Res, 2014, vol. 20, pp. 1404–1409.

18. Peintinger F., Sinn B., Hatzis C., et al: Reproducibility of residual cancer burden for prognostic assessment of breast cancer after neoadjuvant chemotherapy. Mod. Pathol, 2015, vol. 28, pp. 913–920.

19. Naidoo K., Parham D.M., Pinder S.E. An audit of residual cancer burden reproducibility in a UK context. Histopathology, 2017, vol. 70, pp. 217–222.

20. Corben A.D., Abi-Raad R., Popa I., et al: Pathologic response and long-term follow-up in breast cancer patients treated with neoadjuvant chemotherapy: A comparison between classifications and their practical application. Arch Pathol Lab Med, 2013, vol. 137, pp. 1074–1082.

21. Romero A., Garc´ıa-S´aenz J.A., Fuentes-Ferrer M., et al: Correlation between response to neoadjuvant chemotherapy and survival in locally advanced breast cancer patients. Ann. Oncol, 2013, vol. 24, pp. 655–661.

22. Sheri A., Smith I.E., Johnston S.R., et al: Residual proliferative cancer burden to predict long-term outcome following neoadjuvant chemotherapy. Ann. Oncol, 2015, vol. 26, pp. 75–80.

23. Lee H.J., Park I.A., Song I.H., et al: Comparison of pathologic response evaluation systems after anthracycline with/without taxane-based neoadjuvant chemotherapy among different subtypes of breast cancers. PLoS One, 2015, vol. 10:e0137885.

24. Mittendorf E.A., Jeruss J.S., Tucker S.L., et al: Validation of a novel staging system for diseasespecific survival in patients with breast cancer treated with neoadjuvant chemotherapy. J. Clin. Oncol, 2011, vol. 29, pp. 1956–1962.

25. Mittendorf E.A., Vila J., Tucker S.L., et al: The Neo-Bioscore update for staging breast cancer treated with neoadjuvant chemotherapy: Incorporation of prognostic biologic factors into staging after treatment. JAMA Oncol, 2016, vol. 2, pp. 929–936.

26. Marme´ F., Lederer B., Blohmer J.U., et al: Utility of the CPS+EG staging system in hormone receptor-positive, human epidermal growth factor receptor 2-negative breast cancer treated with neoadjuvant chemotherapy. Eur. J. Cancer, 2016, vol. 53, pp. 65–74.

27. Von Minckwitz G., Untch M., Blohmer J.U., et al: Definition and impact of pathologic complete response on prognosis after neoadjuvant chemotherapy in various intrinsic breast cancer subtypes. J. Clin. Oncol, 2012, vol. 30, pp. 1796–1804.

28. Von Minckwitz G., Untch M., Nuesch E., et al: Impact of treatment characteristics on response of different breast cancer phenotypes: Pooled analysis of the German neo-adjuvant chemotherapy trials. Breast Cancer Res Treat, 2011, vol. 125, pp. 145–156.

29. Von Minckwitz G., Blohmer J.U., Costa S.D., et al: Response-guided neoadjuvant chemotherapy for breast cancer. J. Clin. Oncol, 2013, vol. 31, pp. 3623–3630.

30. Symmans W.F., Hatzis C., Sotiriou C., et al: Genomic index of sensitivity to endocrine therapy for breast cancer. J. Clin. Oncol, 2010, vol. 28, pp. 4111–4119.

31. Peintinger F., Buzdar A.U., Kuerer H.M., et al: Hormone receptor status and pathologic response of HER2-positive breast cancer treated with neoadjuvant chemotherapy and trastuzumab. Ann. Oncol, 2008, vol. 19, pp. 2020–2025.

32. Mougalian S.S., Hernandez M., Lei X., et al: Tenyear outcomes of patients with breast cancer with cytologically confirmed axillary lymph node metastases and pathologic complete response after primary systemic chemotherapy. JAMA Oncol, 2016, vol. 2, pp. 508–516.

33. Boughey J.C., Suman V.J., Mittendorf E.A., et al: Sentinel lymph node surgery after neoadjuvant chemotherapy in patients with node-positive breast cancer: The ACOSOG Z1071 (Alliance) clinical trial. JAMA 2013, vol. 310, pp. 1455–1461.

34. Caudle A.S., Yang W.T., Krishnamurthy S., et al: Improved axillary evaluation following neoadjuvant therapy for patients with node-positive breast cancer using selective evaluation of clipped nodes: Implementation of targeted axillary dissection. J Clin Oncol, 2016, vol. 34, pp. 1072–1078.

35. Grambsch P.M., Therneau T.M. Proportional hazards tests and diagnostics based on weightedresidual. Biometrika, 1994, vol. 81, pp. 515–526.