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 = 0,580

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ = 0,286

№ 10 2020

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.

Подписной индекс по электронному каталогу «Почта России» – ПИ140

Электронная версия размещается на сайте www.rae.ru

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

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР
к.м.н. Н.Ю. Стукова
Ответственный секретарь
к.м.н. М.Н. Бизенкова

EDITOR
Natalia Stukova
Senior Director and Publisher
Maria Bizenkova

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

д.б.н., проф. Абдуллаев А. (Душанбе); к.б.н. Алиева К.Г. (Махачкала); д.х.н., к.ф.-м.н., проф. Алоев В.З. (Чегем-2); д.б.н., проф. Андреева А.В. (Уфа); к.географ.н., доцент Аничкина Н.В. (Липецк); к.ф.-м.н. Барановский Н.В. (Томск); д.б.н., доцент Белых О.А. (Иркутск); д.т.н., проф. Бурмистрова О.Н. (Ухта); д.т.н., доцент Быстров В.А. (Новокузнецк); д.м.н., проф. Гарбуз И.Ф. (Тирасполь); д.ф.-м.н., проф. Геворкян Э.А. (Москва); д.х.н., проф. Гурбанов Г.Р. (Баку); д.ветеринар.н., доцент Ермолина С.А. (Киров); к.т.н. Есенаманова М.С. (Атырау); к.ф.-м.н., д.п.н., проф. Ефремова Н.Ф. (Ростов-на-Дону); д.м.н. Жураковский И.П. (Новосибирск); д.т.н., доцент Ибраев И.К. (Темиртау); к.т.н., доцент Исмаилов З.И. (Баку); д.б.н., с.н.с. Кавцевич Н.Н. (Североморск); д.т.н., проф. Калмыков И.А. (Ставрополь); д.б.н. Кокорева И.И. (Алматы); д.г.-м.н., доцент Копылов И.С. (Пермь); к.б.н., доцент Коротченко И.С. (Красноярск); к.с.-х.н., доцент Кряжева В.Л. (Нижний Новгород); д.ф.-м.н., доцент Кульков В.Г. (Волжский); д.б.н. Ларионов М.В. (Балашов); д.б.н., к.с.-х.н., доцент Леонтьев Д.Ф. (Иркутск); д.географ.н., к.б.н., проф. Луговской А.М. (Москва); д.г.-м.н., с.н.с. Мельников А.И. (Иркутск); д.т.н., проф. Несветаев Г.В. (Ростов-на-Дону); д.с.-х.н. Никитин С.Н. (п. Тимирязевский); д.фарм.н., доцент Олешко О.А. (Пермь); д.с.-х.н., с.н.с., проф. Партоев К. (Душанбе); к.п.н., доцент Попова И.Н. (Москва); д.т.н., проф. Рогачев А.Ф. (Волгоград); д.м.н., с.н.с., доцент Розыходжаева Г.А. (Ташкент); д.г.-м.н. Сакиев К.С. (Бишкек); д.т.н., проф. Сугак Е.В. (Красноярск); д.ветеринар.н., проф. Трефилов Б.Б. (Санкт-Петербург); д.м.н., проф. Чарышкин А.Л. (Ульяновск); д.географ.н., проф. Чодураев Т.М. (Бишкек); д.б.н., проф. Шалпыков К.Т. (Бишкек); к.х.н. Шарифуллина Л.Р. (Москва); д.п.н., проф. Щирин Д.В. (Санкт-Петербург)

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 = 0,580.
Пятилетний импакт-фактор РИНЦ = 0,286.

Учредитель, издательство и редакция:
ООО НИЦ «Академия Естествознания»

Почтовый адрес: 105037, г. Москва, а/я 47
Адрес редакции: 410056, г. Саратов, ул. им. Чапаева В.И., д. 56

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, Н.А. Дудкина

Подписано в печать 28.10.2020
Дата выхода номера 29.11.2020

Формат 60x90 1/8
Типография
ООО НИЦ «Академия Естествознания»
410035, Саратовская область, г. Саратов, ул. Мамонтовой, д. 5

Распространение по свободной цене

Усл. печ. л. 8,38
Тираж 500 экз.
Заказ МЖПиФИ 2020/10

© ООО НИЦ «Академия Естествознания»

СОДЕРЖАНИЕ

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

СТАТЬИ

ЦИТОАРХИТЕКТОНИКА КОРЫ ПОЛЯ 7 ВЕРХНЕЙ ТЕМЕННОЙ ОБЛАСТИ МОЗГА УЧЁНОГО-ИЗОБРЕТАТЕЛЯ

Агапов П.А., Боголепова И.Н. 5

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕТИКО-ЦИТОЛОГИЧЕСКИХ ОЦЕНОК ГЕНОФОНДА ПЛОДОВЫХ И ЯГОДНЫХ КУЛЬТУР В СЕЛЕКЦИИ

Гаджиева А.Ф., Ахундова Н.И., Гасанов Н.А. 11

О НЕКОТОРЫХ ПРОБЛЕМАХ КОНТРОЛЯ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ

Епифанова И.Э., Епифанов А.О. 16

МЕДИТАЦИЯ И НЕЙРОПЛАСТИЧНОСТЬ. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЗАДЗЕН МЕДИТАЦИИ С ПОМОЩЬЮ РЕКУРРЕНТНОЙ ЭНТРОПИИ ЭЭГ

Кануников И.Е., Куперин Ю.А., Черных Г.А. 22

ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ НАУКИ

СТАТЬИ

ПРИМЕНЕНИЕ ГИС (ГЕОИНФОРМАЦИННЫХ СИСТЕМ) В ИСОГД (ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ) ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЖИЗНЕСПОСОБНОГО ГОРОДА

Потапова Е.В., Вологжина С.Ж., Бархатова О.А., Макаров А.А. 28

МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ

СТАТЬИ

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ГИГИЕНИЧЕСКИХ КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ РИСКА ЗДОРОВЬЮ РАБОТНИКОВ ПЫЛЕВЫХ ПРОФЕССИЙ

Егорова А.М., Луценко Л.А., Федорович Г.В., Сухова А.В. 33

ОБЗОРЫ

НЕРЕШЁННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТКАНЕВОЙ ПЛАЦЕНТАРНОЙ ТЕРАПИИ: ПРОШЛОЕ И БУДУЩЕЕ

Родионов В.В., Савицкий А.Г., Журкин А.Г., Жгун С.О. 38

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

СТАТЬИ

АРХИВИРОВАНИЕ ГИДРОЛОКАЦИОННЫХ ДАННЫХ ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДНА АКВАТОРИЙ

Римский-Корсаков Н.А., Тронза С.Н., Анисимов И.М. 47

ОБЗОРЫ

СОВРЕМЕННЫЕ ГАЗОНАПОЛНЕННЫЕ ПОЛИМЕРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

Колосова А.С., Пикалов Е.С. 54

CONTENTS

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

ARTICLES

CYTOARCHITECTONICS OF THE CORTEX OF AREA 7 OF THE UPPER PARIETAL REGION OF THE BRAIN OF THE SCIENTIST-INVENTOR

Agapov P.A., Bogolepova I.N. 5

USE OF GENETIC AND CYTOLOGICAL ASSESSMENTS OF THE GENE POOL OF FRUIT AND BERRY CROPS IN BREEDING

Gadzhieva A.F., Akhundova N.I., Gasanov N.A. 11

ON THE ISSUE OF CONTROL OF THE BARENTS SEA RADIOECOLOGICAL SITUATION'S

Epifanova I.E., Epifanov A.O. 16

MEDITATION AND NEUROPLASTICITY. RESULTS OF A STUDY OF ZAZEN MEDITATION USING RECURRENT ENTROPY EEG

Kanunikov I.E., Kuperin Yu.A., Chernykh G.A. 22

ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ НАУКИ

ARTICLES

APPLICATION OF GIS (GEOINFORMATIONAL SYSTEMS) IN ISOGD (INFORMATION SYSTEM FOR SUPPORTING URBAN PLANNING ACTIVITIES) FOR FORMING A VIABLE CITY

Potapova E.V., Vologzhina S.Zh., Barkhatova O.A., Makarov A.A. 28

МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ

ARTICLES

IMPROVEMENT OF HYGIENE CRITERIA FOR ASSESSING THE HEALTH RISK OF WORKERS IN DUST PROFESSIONS

Egorova A.M., Lutsenko L.A., Fedorovich G.V., Sukhova A.V. 33

REVIEWS

UNSOLVED PROBLEMS IN PLACENTAL TISSUE THERAPY: THE PAST AND THE FUTURE

Rodionov V.V., Savitskiy A.G., Zhurkin A.G., Zhgun S.O. 38

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

ARTICLES

OCEANOLOGICAL BOTTOM STUDIES SONAR DATA ARCHIVING

Rimskiy-Korsakov N.A., Tronza S.N., Anisimov I.M. 47

REVIEWS

MODERN GAS-FILLED POLYMER MATERIALS AND PRODUCTS

Kolosova A.S., Pikalov E.S. 54

СТАТЬИ

УДК 57:611.813.12

ЦИТОАРХИТЕКТОНИКА КОРЫ ПОЛЯ 7 ВЕРХНЕЙ ТЕМЕННОЙ ОБЛАСТИ МОЗГА УЧЁНОГО-ИЗОБРЕТАТЕЛЯ

Агапов П.А., Боголепова И.Н.

ФГБНУ «Научный центр неврологии», Москва, e-mail: pavelscn@yandex.ru

Проведено цитоархитектоническое исследование коры поля 7 мозга учёного-изобретателя в сравнении с контрольной группой мужчин (4 мозга) аналогичного старческого возраста с целью выявления цитоархитектонических особенностей строения коры мозга профессионально одаренных людей. Исследование выполнено на тотальных фронтальных срезах мозга толщиной 20 мкм, окрашенных крезилом фиолетовым по методу Ниссля. Изучены следующие морфометрические характеристики коры поля 7: толщина коры и толщина её отдельных цитоархитектонических слоёв. В слоях III и V подсчитана плотность нейронов и глии, а также измерено значение профильного поля пирамидных нейронов. В результате исследования выявлены особенности цитоархитектонического строения коры поля 7 мозга учёного-изобретателя. Для коры поля 7 его мозга характерно большее значение ширины коры, большее среднее значение профильного поля пирамидных нейронов в цитоархитектоническом слое III, а также большая плотность пирамидных нейронов в слоях III и V по сравнению с контрольной группой мужчин. Кроме того, ярким отличием было большее значение плотности нейронов, окруженных сателлитной глией, в слоях III и V коры поля 7 мозга учёного-изобретателя по сравнению с контрольной группой мужчин.

Ключевые слова: мозг, поле 7, одарённость, кора, нейрон, учёный, цитоархитектоника

CYTOARCHITECTONICS OF THE CORTEX OF AREA 7 OF THE UPPER PARIETAL REGION OF THE BRAIN OF THE SCIENTIST-INVENTOR

Agapov P.A., Bogolepova I.N.

Recearch center of neurology, Moscow, e-mail: pavelscn@yandex.ru

A cytoarchitectonic study of the cortex of area 7 of the brain of the scientist-inventor was conducted in comparison with a control group of men (4 brains) of similar senile age in order to identify cytoarchitectonic features of the structure of the cortex of professionally gifted people. The study was performed on total frontal sections of the brain with a thickness of 20 microns, stained with purple cresil by the Nissl method. Studied by following the morphological characteristics of the cortex of area 7: cortex thickness and thickness of the individual cytoarchitectonically layers. In layers III and V calculated density of neurons and glia, as well as the measured value of profile field of pyramidal neurons. The study revealed the features of the cytoarchitectonic structure of the cortex of the area 7 of the brain of the scientist and inventor. The cortex of area 7 of his brain is characterized by a larger value of the cortical width, a larger average value of the profile field of pyramidal neurons in cytoarchitectonic layer III, and a higher density of pyramidal neurons in layers III and V compared to the control group of men. In addition, a striking difference was the higher value of the density of neurons surrounded by satellite glia in layers III and V of the cortex of area 7 of the brain of the scientist-inventor compared to the control group of men.

Keywords: brain, area 7, giftedness, cortex, neuron, scientist, cytoarchitectonics

Первые дошедшие до нашего времени труды, посвященные исследованию строения и функций мозга человека, можно найти в работах античного времени, например в сочинениях Гиппократа, Аристотеля и Галена. С течением времени знания о строении и работе мозга человека постепенно накапливались и уточнялись в соответствии с уровнем развития науки, и, наконец, в XIX веке получает широкое развитие не только учение об анатомическом строении мозга. Ученые пытаются связать эти данные с физиологией мозга и способностями человека. Среди них было известное учение френология, основанное Францем Йозефом Галлем, который в начале XIX века создал карту поверхности черепа человека и выделил на нем шишки, по развитию которых судил об интеллекте и умственных способностях человека. Однако широкое развитие френология получила благодаря его ученику Иоганну Гаспару Шпурцгейму, который дополнил его учение и создал собственные френологические карты, после чего стал активно их популяризировать [1]. Пик развития френологии пришелся на 1820–1860-е гг., позже это учение было признано лженаучным. В 1860 г. вышли первые научно обоснованные и выполненные на высоком методическом уровне работы, посвященные изучению особенностей макроскопического строения мозга человека и сопоставлению их с развитием способностей. Обладая большой коллекцией мозгов выдающихся людей того времени (математика К.Ф. Гаусса, поэта Д.Г. Байрона и других), собранной в Гёттингенском университете, R. Wagner опубликовал первые работы, посвященные изучению морфологических аспектов строения мозга

обычных и одарённых людей [2–4]. Позже это направление было продолжено [5; 6].

С развитием методов окраски нервной ткани ученые стали уделять большее внимание микроскопическому строению мозга человека и искать отличия именно в нем. В 1920–1940-х гг. появляется цикл работ, посвященный изучению макроскопических и цитоархитектонических особенностей одаренности выдающихся ученых, композиторов, физиков, математиков и писателей [7–10], но, к сожалению, позже интерес к изучению цитоархитектонических основ одаренности несколько угас, и коллекции мозга в ведущих университетах мира практически перестали пополняться.

Сегодня на первый план выходят работы, позволяющие оценить прижизненные особенности строения и работы мозга человека методами МРТ, позволяющие проводить корреляции выявленных особенностей с профессиональной успешностью изученных добровольцев. Основное внимание уделяется изучению связей внутри мозга и нейронных сетей, то есть особенности вовлечения в творческий процесс различных участков мозга [11–13]. Большую роль в изучении цитоархитектонических основ профессиональной одарённости играет изучение индивидуальной вариабельности структурной организации и межполушарной асимметрии мозга человека [14; 15]. Однако эти исследования еще не ответили на вопрос, что лежит в основе выдающихся способностей. В настоящее время стали появляться цитоархитектонические исследования мозгов одарённых людей, показывающие особенности в строении структур, имеющих первостепенную значимость в том или ином виде креативной деятельности.

Одним из ярких примеров, иллюстрирующих важность индивидуальных особенностей строения коры, является изучение зоны Брока выдающегося переводчика, знавшего более 60 языков, Эмиля Кребса, показавшее значительные отличия строения зоны Брока мозга Эмиля Кребса в сравнении с контрольной группой [16].

Обнаружены отличия в количестве глиальных клеток в поле 39 коры мозга А. Эйнштейна [17; 18], а также некоторые особенности в макроскопическом строении его мозга [19]. Имея уникальную коллекцию мозгов одаренных людей [20; 21], мы провели цитоархитектоническое исследование мозга профессионально одаренного учёного-изобретателя, основоположника теоретической космонавтики. Целью данного исследования стало выявление цитоархитектонических особенностей строения коры мозга профессионально одаренных людей в аспекте изучения одарённости.

Материалы и методы исследования

Цитоархитектоническое исследование строения коры поля 7 верхней теменной области мозга профессионального учёного-изобретателя и мужчин контрольной группы аналогичного возраста проведено на сериях фронтальных срезов мозга толщиной 20 мкм, окрашенных крезилом фиолетовым по методу Ниссля. Исследовано 8 полушарий мозга мужчин контрольной группы старческого возраста, умерших от соматической патологии или несчастного случая и не страдавших при жизни психическими и неврологическими заболеваниями.

В коре поля 7 верхней теменной области левого и правого полушарий мозга изучены следующие морфометрические показатели: толщина коры, толщина цитоархитектонического слоя III, площадь профильного поля пирамидных нейронов в слоях III и V, плотность нейронов, нейронов, окруженных сателлитной глией, сателлитной глии и общей глии в слоях III и V. Подсчет изучаемых показателей коры поля 7 проводился на участках коры с выраженной радиарной исчерченностью, расположенных на вершине извилин медиальной поверхности полушарий мозга. Толщина коры и толщина ассоциативного слоя III измерялась с помощью стереомикроскопа МБС-9, оборудованного цифровой камерой-окуляром DCM 130 в программе ScopePhoto (n = 30 в каждом полушарии мозга). Площадь профильного поля пирамидных нейронов слоя III[3] измерялась в идентичных местах левых и правых полушарий на комплексе электронно-оптического анализа изображений «ДиаМорф» (Россия) об. х100, ок. х10. Измерялись только те нейроны, у которых четко выделялись ядро и ядрышко (n = 100–130). Плотность нейронов и глии представлена на 0,001 мм^3. Сателлитными глиоцитами считались те, которые располагались от нейронов на расстоянии диаметра ядра глиоцита. Подсчитывались нейроны и глиоциты с четкими контурами. Статистическая обработка данных выполнена методами непараметрической статистики в программе Statistica 12. Значимость отличий изученных характеристик определялась с использованием U-критерия Манна-Уитни при уровне значимости $p \leq 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение

Толщина коры поля 7 мозга учёного-изобретателя равнялась в левом полушарии 2,561 ± 0,017 мм, в правом полушарии

2,570 ± 0,025 мм, что значимо (p = 0,000) больше по сравнению с толщиной коры мужчин старческого возраста, у которых её значение составляло 2,401 ± 0,024 мм в левом полушарии и 2,400 ± 0,026 мм в правом полушарии (рис. 1). Толщина слоя III коры поля 7 у мужчин старческого возраста в левом полушарии равнялась 0,814 ± 0,018 мм, в правом полушарии 0,830 ± 0,016 мм. У учёного-изобретателя толщина коры слоя III в левом (p = 0,108) и правом (p = 0,263) полушарии статистически не отличалась от аналогичной мужчин контрольной группы и составляла в левом полушарии 0,817 ± 0,016 мм, в правом полушарии 0,765 ± 0,011 мм.

Измерив профильное поле пирамидных нейронов в цитоархитектонических слоях III и V коры поля 7 мозга учёного-изобретателя и сравнив его с аналогичными показателями мозга мужчин старческого возраста, мы обнаружили, что среднее значение данного показателя в слое III левого полушария мозга учёного-изобретателя составляло 214,0 ± 8,12 мкм^2, а у мужчин старческого возраста 186,9 ± 2,94 мкм^2 (p = 0,002). В правом полушарии мозга учёного-изобретателя профильное поле пирамидных нейронов было также значимо (p = 0,000) больше, чем у мужчин старческого возраста (183,2 ± 2,82 мкм^2), и составляло 224,2 ± 7,97 мкм^2 (рис. 3). Для значения профильного поля пирамидных нейронов слоя V было характерно следующее: в левом полушарии статистических отличий не выявлено (p = 0,090), а в правом полушарии значение данного показателя было достоверно больше (p = 0,000). Его значение составляло: в правом полушарии мозга учёного-изобретателя – 174,9 ± 3,78 мкм^2, мужчин старческого возраста – 168,1 ± 1,99 мкм^2, в левом полушарии – 183,3 ± 3,66 мкм^2 и 168,9 ± 1,90 мкм^2 соответственно (рис. 2).

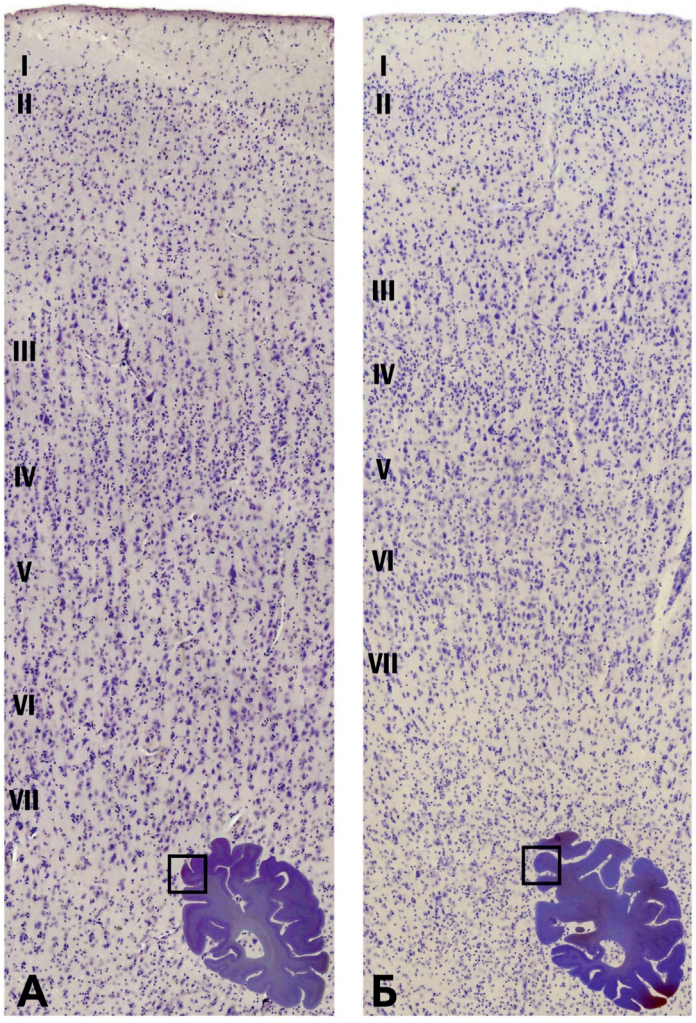


Рис. 1. Цитоархитектоника коры поля 7 мозга учёного-изобретателя (А) и мужчины контрольной группы старческого возраста (Б). Окраска крезилом фиолетовым по методу Ниссля

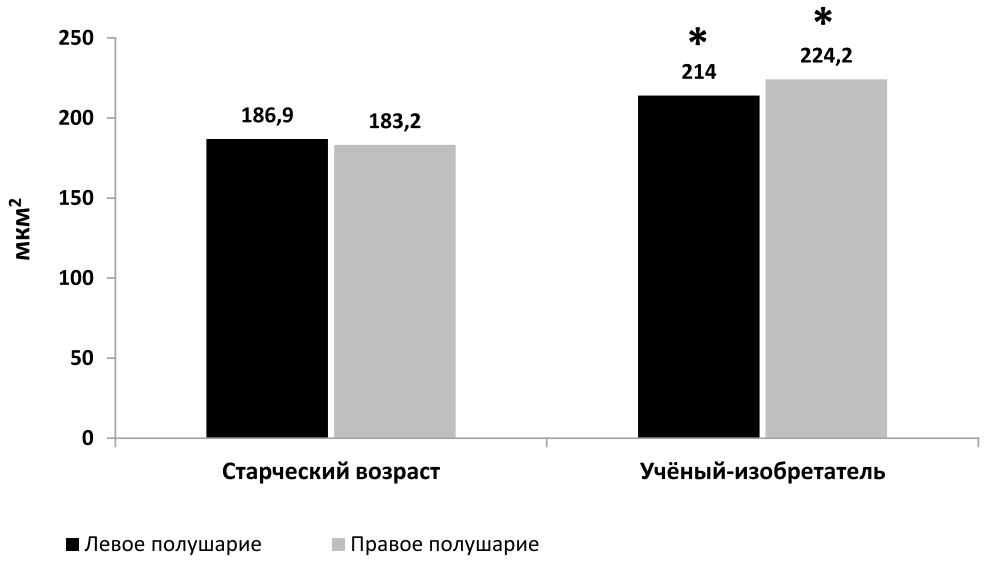


Рис. 2. Профильное поле пирамидных нейронов слоя III коры поля 7 верхней теменной области мозга учёного-изобретателя и мужчин пожилого и старческого возраста (мкм²)
** – статистически значимые отличия при p ≤ 0,05*

Сравнив значения плотности пирамидных нейронов в слоях III и V коры поля 7 мозга учёного-изобретателя и мужчин старческого возраста, мы обнаружили, что их плотность в слое III и V левого полушария была статистически значимо больше (p = 0,000), чем у мужчин старческого возраста. Так, их плотность у учёного-изобретателя равнялась в слое III 27,7 ± 1,25, в слое V 24,8 ± 0,92, а у мужчин старческого возраста значение плотности пирамидных нейронов было соответственно 20,8 ± 0,60 и 19,9 ± 0,49 нейронов в 0,001 мм³ вещества мозга. В правом полушарии мозга учёного-изобретателя плотность пирамидных нейронов в слое III была достоверно (p = 0,000) больше по сравнению с мужчинами старческого возраста и равнялась 26,2 ± 1,02, а у контрольной группы – 20,4 ± 0,48 нейронов в 0,001 мм³ вещества мозга. Однако плотность нейронов в слое V статистически не различалась (p = 0,092) между мозгом учёного-изобретателя (23,3 ± 0,94) и мужчин старческого возраста (20,5 ± 0,44).

Плотность нейронов, окруженных сателлитной глией коры поля 7 в слое III в левом полушарии мозга мужчин старческого возраста, составляла 10,3 ± 0,44, а в правом 10,2 ± 0,39. У учёного-изобретателя их плотность была достоверно больше только в правом полушарии (p = 0,228 в левом полушарии и p = 0,018 в правом полушарии) и равнялась 11,4 ± 0,67 в левом и 12,6 ± 0,69 в правом. Плотность нейронов, окруженных сателлитной глией в слое V у мужчин старческой группы, равнялась 8,92 ± 0,36 в левом полушарии и 9,94 ± 0,33 в правом полушарии. Значения аналогичных показателей мозга учёного-изобретателя в левом (p = 0,099) и правом (p = 0,985) полушарии не отличались и составляли слева 10,6 ± 0,66, справа 10,5 ± 0,7 нейронов в 0,001 мм³ вещества мозга.

При сравнении плотности сателлитной глии в слоях III коры поля 7 мозга мужчин старческой группы и учёного-изобретателя мы обнаружили такие же закономерности, как и для значения плотности нейронов, окруженных сателлитной глией. В слое III мозга учёного-изобретателя их плотность была достоверно больше по сравнению с контрольной группой мужчин в правом полушарии, а в левом нет (правое – p = 0,016, левое – p = 0,259). В слое V она не отличалась (p = 0,871 в правом, p = 0,143 в левом). Плотность сателлитной глии слоя III равнялась у учёного-изобретателя в левом полушарии 13,5 ± 0,9, в правом полушарии 15,2 ± 0,93, а у мужчин старческого возраста соответственно 11,82 ± 0,50 и 12,0 ± 0,49 сателлитных глиоцитов в 0,001 мм³ вещества мозга. В слое V коры мозга учёного-изобретателя плотность сателлитных глиоцитов равнялась в левом полушарии 12,5 ± 0,92, в правом полушарии 12,7 ± 0,97, у мужчин старческого возраста плотность сателлитных глиоцитов составляла 10,5 ± 0,46 в левом полушарии и 11,8 ± 0,44 в правом полушарии (рис. 3).

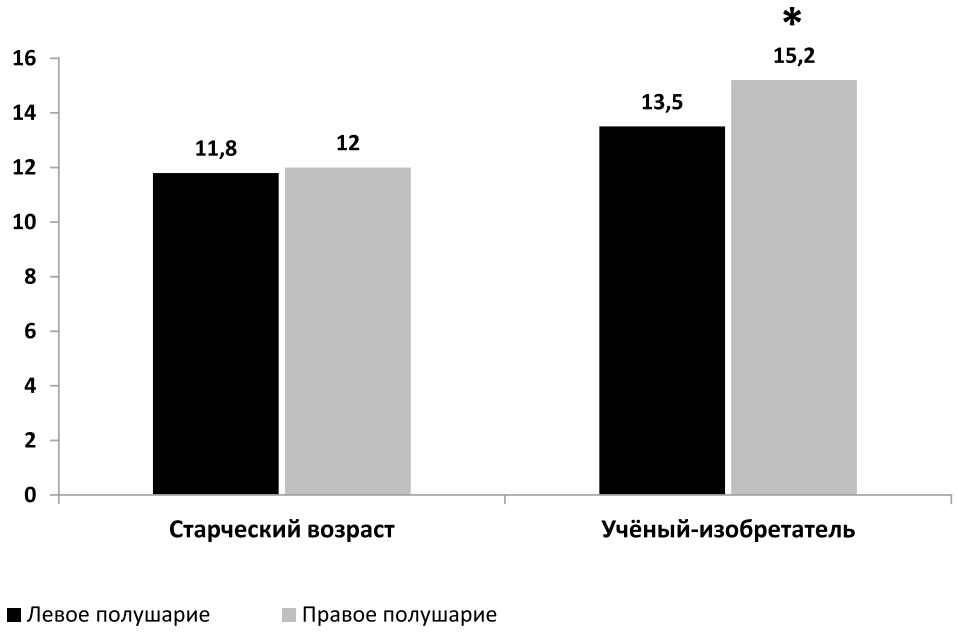


Рис. 3. Плотность сателлитной глии слоя III коры поля 7 мозга учёного-изобретателя и мужчин старческого возраста контрольной группы (в 0,001 мм^3)
** – статистически значимые отличия при $p \leq 0,05$*

Выявленные особенности строения коры мозга учёного-изобретателя коррелируют с данными, полученными в аналогичных работах, и гипотезой о наличии структурных особенностей строения мозга одарённых людей. Полученные результаты цитоархитектонического исследования можно рассматривать как возможные морфологические предпосылки одарённости. Многие современные исследования проводят параллель между сложностью организации нейронных связей с экстраординарными способностями [12; 22]. В результате изучения коры цитоархитектонического поля 7 верхней теменной области мозга выдающегося учёного-изобретателя мы выявили большее значение толщины коры, а также большую плотность нейронов по сравнению с контрольной группой, что, по данным литературы, может свидетельствовать о более сложной организации коры мозга [23].

При изучении коры мозга талантливейшего физика А. Эйнштейна Colombo J.A., M.C. Diamond и другие обнаружили особенности строения глии и более высокий нейроглиальный индекс [17; 24], а, как известно, количество сателлитной глии часто свидетельствует о более высокой активности нейронов, а также обеспечивает трофическую функцию и влияет на их работу [25]. В нашем исследовании одной из особенностей строения коры мозга являлось большее значение плотности сателлитной глии, что, по-видимому, также можно отнести к особенностям организации коры мозга одарённых людей.

Ещё одной важной особенностью, которую мы относим к цитоархитектоническим предпосылкам гениальности, стало значение профильного поля пирамидных нейронов, значение которого в исследованной области мозга учёного-изобретателя было выше по сравнению с контрольной группой, в свою очередь в литературе имеются данные о корреляции размера нейронов с количеством образуемых ими связей [23].

Принимая во внимание возраст, в котором умер учёный-изобретатель (78 лет), и сравнивая изученные нами морфометрические показатели с аналогичными показателями пожилой группы, например с данными, полученными нами при изучении старения коры поля 7 верхней теменной области мозга мужчин и женщин [26], можно увидеть схожесть значения плотности нейронов и глии, а также размера профильного поля пирамидных нейронов с пожилым возрастом. Проведя сопоставление с нашими другими исследованиями и изучив цитоархитектонику коры верхней теменной области мозга выдающегося учёного-изобретателя, можно отметить меньшую выраженность возрастных изменений в коре мозга выдающегося учёного-изобретателя.

Выводы

В результате проведенного исследования мы обнаружили некоторые особенности цитоархитектонического строения коры поля 7 мозга учёного-изобретателя. Для него характерно большее значение ширины коры, профильного поля пирамидных нейронов в цитоархитектоническом слое III, а также большая плотность пирамидных нейронов в слоях III и V по сравнению с контрольной группой мужчин.

Также ярким отличием является большее значение плотности нейронов, окруженных сателлитной глией, в слоях III и V коры поля 7 мозга учёного-изобретателя по сравнению с контрольной группой мужчин.

Таким образом, выявленные нами отличия цитоархитектонического строения коры поля 7 свидетельствуют о наличии цитоархитектонических особенностей строения коры мозга выдающегося учёного-изобретателя и менее выраженных процессов возрастных изменений коры мозга по сравнению с контрольной группой мужчин старческого возраста.

Список литературы

1. Simpson D. Phrenology and the neurosciences: contributions of F.J. Gall and J.G. Spurzheim. ANZ J. Surg. 2005. Vol. 75. No. 6. P. 475–482. DOI: 10.1111/j.1445-2197.2005.03426.x.

2. Wagner R. (1860). «über die typischen Verschiedenheiten der Windungen der Hemisphären und über die Lehre vom Hirngewicht, mit besondrer Rücksicht auf die Hirnbildung intelligenter Männer», in Vorstudien zu Einer Wissenschaftlichen Morphologie und Physiologie des Menschlichen Gehirns als Seelenorgan. Göttingen: Verlag der Dieterichschen Buchhandlung.

3. Wagner R. (1862). «über den Hirnbau der Mikrocephalen mit vergleichender Rücksicht auf den Bau des Gehirns der normalen Menschen und der Quadrumanen», in Vorstudien zu Einer Wissenschaftlichen Morphologie und Physiologie des Menschlichen Gehirns als Seelenorgan. Göttingen: Verlag der Dietrichschen Buchhandlung.

4. Wagner H. (1864). Maassbestimmungen der Oberfläche des grossen Gehirns. Göttingen: Cassel-Trömner & Dietrich.

5. Spitzka E.A. A rare fissural atypy in the brain of W.A. Med. Critic. 1902. Vol. 2. P. 616–619.

6. Spitzka E.A. A Study of the Brains of Six Eminent Scientists and Scholars belonging to the American Anthropometric Society, together with a Description of the Skull of Professor E.D. ◙Cope. Trans. Am. Philos. Soc. 1907. Vol. 21. P. 175–308. DOI: 10.2307/1005434.

7. Hall G.S., Osler W., Morse E.S., Donaldson H.H., Canavan A. A study of the brains of three scholars. J. Comp. Neurol. 1928. Vol. 46. P. 1–95. DOI: 10.1002/cne.900460102.

8. Mingazzini G. La citoarchitettonica degli emisferi cerebrali di Lenin. Arch. Gen. Med. Psicol. 1928. P. 1–3.

9. Vogt O. Bericht über die Arbeiten des Moskauer Staatsinstituts für Hirnforschung. J. Psychol. Neurol. 1929. Vol. 40. P. 108–118.

10. Retzius G. Das gehirn des mathematikers Sonja Kovaleski. Biologische Untersuchungen neue Folge. Stockholm: Aftonbladets Druckeri. 1890. Vol. 9. P. 1–16.

11. Liu S., Erkkinen M.G., Healey M.L., Xu Y., Swett K.E., Ho Ming Chow, Braun A.L. Brain activity and connectivity during poetry composition: Toward a multidimensional model of the creative process Hum Brain Mapp. 2015. Vol. 36. No. 9. P. 3351–3372. DOI: 10.1002/hbm.22849.

12. Ma J., Kang H.J., Kim J.Y., et al. Network attributes underlying intellectual giftedness in the developing brain. Sci. Rep. 2017. Vol. 7. No. 1. P. 11321. DOI: 10.1038/s41598-017-11593-3.

13. Santarnecchi E., Rossi S. Advances in the Neuroscience of Intelligence: from Brain Connectivity to Brain Perturbation. Span J. Psychol. 2016. Vol. 19. E. 94. DOI: 10.1017/sjp.2016.89.

14. Боголепова И.Н. Нейроглиальные взаимоотношения как один из показателей индивидуальной вариабельности мозга человека // Морфология. 1993. Т. 105. № 7–8. С. 21–22.

15. Боголепова И.Н., Малофеева Л.И. Цитоархитектонические критерии структурной асимметрии корковых формаций мозга человека // В сборнике: Актуальные вопросы функциональной межполушарной асимметрии. 2003. С. 41–45.

16. Amunts K., Schleicher A., Zilles K. Outstanding language competence and cytoarchitecture in Broca's speech region. Brain Lang. 2004. Vol. 89. No. 2. P. 346–353. DOI: 10.1016/S0093-934X(03)00360-2.

17. Diamond M.C., Scheibel A.B., Murphy G.M., Harvey T. On the brain of a scientist: Albert Einstein. Experimental Neurology. 1985. Vol. 88. P. 198–204.

18. Colombo J.A., Reisin H.D., Miguel-Hidalgo J.J., Rajkowska G. Cerebral cortex astroglia and the brain of a genius: a propos of A. Einstein's. Brain Res. Rev. 2006. Vol. 52. No. 2. P. 257–263. DOI: 10.1016/j.brainresrev.2006.03.002.

19. Weiner K.S. On (ab)normality: Einstein's fusiform gyrus. Brain Cogn. 2015. Vol. 94. P. 1–3. DOI: 10.1016/j.bandc.2014.12.002.

20. Боголепова И.Н. Некоторые сведения о массе мозга человека // Журнал неврологии и психиатрии. 1993. Т. 93. № 5. С. 106–108.

21. Боголепова И.Н., Боголепов Н.Н. Мозг В.В. Маяковского // Журнал неврологии и психиатрии. 1997. Т. 97. № 5. С. 47–50.

22. Santarnecchi E., Rossi S. Advances in the Neuroscience of Intelligence: from Brain Connectivity to Brain Perturbation. Span J. Psychol. 2016. Vol. 19. E. 94. DOI: 10.1017/sjp.2016.89.

23. Beul S.F., Hilgetag C.C. Neuron density fundamentally relates to architecture and connectivity of the primate cerebral cortex. Neuroimage. 2019. Vol. 189. P. 777–792. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2019.01.010.

24. Colombo J.A., Reisin H.D., Miguel-Hidalgo J.J., Rajkowska G. Cerebral cortex astroglia and the brain of a genius: A propos of A. Einstein. Brain Research Reviews. 2006. Vol. 52. P. 257–263.

25. Basic neurochemistry. Principles of Molecular, Cellular, and Medical Neurobiology (Eight edition) 2012 Scott T. Brady, George J. Siegel, R. Wayne Albers and Donald L. Price. Elsevier Academic Press. [Electronic resource]. URL: https://library.mpib-berlin.mpg.de/toc/z2007_131.pdf (date of access: 21.09.2020).

26. Агапов П.А., Боголепова И.Н., Малофеева Л.И. Возрастные изменения профильного поля нейронов коры поля 7 мозга мужчин и женщин в процессе старения // Морфологические ведомости. 2019. Т. 27. № 3. С. 8–15.

УДК 575:631.523:634.75:634.37

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕТИКО-ЦИТОЛОГИЧЕСКИХ ОЦЕНОК ГЕНОФОНДА ПЛОДОВЫХ И ЯГОДНЫХ КУЛЬТУР В СЕЛЕКЦИИ

Гаджиева А.Ф., Ахундова Н.И., Гасанов Н.А.

Институт генетических ресурсов Национальной академии наук Азербайджана, Баку, e-mail: gadjieva-aynura@rambler.ru

Методическим подходом к изучению био-генетико-цитологического разнообразия генофондной коллекции унаби и земляники служило исследование геномов различных сортов и форм собранного генофонда, цитологические исследования числа хромосом. Цель исследования – изучение цитогенетических особенностей различных сортов для использования их в селекционных работах. Установлено, что в геномах различных сортов унаби имеет место количественное изменение содержания ДНК и РНК, изменение структуры ДНК хроматина, доли различных фракций ДНК. Показано, что стародавние сорта, как местные, так и интродуцированные, характеризуются пониженным содержанием ДНК в клетке сравнительно с новыми селекционными сортами. Предположительно, у стародавних сортов в процессе эволюции выработались механизмы регуляции, позволяющие им обходиться меньшим количеством ДНК за счет сброса повторов. Отмечены также различия в упаковке хроматина и доле лабильной, стабильной и остаточной фракции ДНК. Эти факты свидетельствуют о некоторой нестабильности и пластичности новых сортов и гибридов унаби. На основании показателя РНК/ДНК, разницы в содержании и синтезе ДНК и РНК выявлены высоко-, средне- и малоустойчивые к солевому и осмотическому стрессу сорта земляники. Установлена взаимосвязь между высоким содержанием ДНК, РНК, лабильной и стабильной фракции ДНК хроматина и устойчивостью к соли и засухоустойчивости образцов. Коллекции земляники и унаби по числу хромосом полиморфны, состоят из диплоидных, триплоидных, тетраплоидных, гексаплоидных и октаплоидных образцов. На основании данных созданы 3 новых крупноплодных сорта унаби и соле- и засухоустойчивые формы земляники.

Ключевые слова: генофонд, коллекция, унаби, земляника, геном, ДНК, РНК, хромосомный комплекс

USE OF GENETIC AND CYTOLOGICAL ASSESSMENTS OF THE GENE POOL OF FRUIT AND BERRY CROPS IN BREEDING

Gadzhieva A.F., Akhundova N.I., Gasanov N.A.

Genetic Resources Institute of ANAS, Baku, e-mail: gadjieva-aynura@rambler.ru

Genetic and cytological diversity of varieties of jujube and straw berry collections were studied. Differences of genomes of various varieties of jujube were determined. Ancient varieties are characterized by lowered content of the DNA and structured DNA compared to new varieties. Apparently, these varieties during the process of evolution worked out mechanisms of regulation allowing them to sustain with less amount of the DNA at the expense of reset of repetitions. The new varieties are characterized by high amplitude of inter-variety oscillations according to the DNA synthesis. Differences between these groups according the DNA synthesis in the mitochondrial and chloroplast systems were noted. The gene fund of strawberry is represented by varieties with different paces of the DNA and RNA synthesis. High content of the DNA and RNA characterize varieties, which are highly resistant to the salt and osmotic stresses. Low content testify about low stress resistance of varieties, while intermediate content about medium resistance. Collections of jujube and strawberry are polymorphic according to number of chromosomes are represented by diploid, triploid, tetraploid and hexaploidand samples. Two new local large-fruit varieties of jujube were created. Stress resistant forms of strawberries were singled out.

Keywords: collection, jujube, strawberry, genome, DNA, RNA, chromosome complex

Почвенно-климатические условия республики включают многие климатические зоны [1–3]. Из них 60% территорий занимает зона субтропиков. Здесь возможно выращивание традиционных культур умеренного пояса: яблони, груши, сливы, земляники, смородины и др. [4, 5]. Но с давних времен эти и сугубо субтропические культуры выращиваются, плодоносят в зоне сухих субтропиков.

В последнее время усилился интерес к возделыванию культуры земляники. Местный ассортимент крупноплодных сортов этой культуры невелик.

В республике издавна возделывается ценное субтропическое растение унаби (*Zizyphus jujube Mill*). Местный ассортимент этой культуры был представлен в основном мелкими и среднекрупными сортами. После ввоза в прошлом веке крупноплодных сортов – интродуцентов началась работа по созданию новых местных крупноплодных сортов, адаптированных к условиям республики. Возникла необходимость создания генофонда этих культур, изучения их фенотипа, биохимических анализов, роста, развития и плодоношения в зоне сухих субтропиков [6–8].

В наше время генофонд растений изучается и на уровне исследования особенностей как фено- так и генотипа, исследования геномов, комплекса хромосом образцов. Эти работы помогут создать новые местные сорта, учитывая сбалансированность их геномов и перенос во время гибридизации генов от родителей [9–11].

Материалы и методы исследования

В работе использовались:

1) сорта, формы, гибриды в генофонде земляники (55 образцов);

2) сорта, формы, гибриды унаби (36 образцов).

Работа заключалась в изучении как фенотипических признаков образцов генофондов, их биохимических особенностей, так и генотипов, синтеза ДНК, РНК, структурного состояния ДНК хроматина в ядерной генетической системе, исследования комплекса хромосом образцов. Содержание ДНК в клетке велось спектрофотометрически методом фракционирования ДНК, воздействием на хроматин растворами разной ионной силы. Изучение фенологических особенностей сортов проводилось методом сравнительной характеристики.

В основу метода фракционирования положен принцип ступенчатого воздействия на хроматин факторами депротеинизации.

Цитологические анализы проводились по общепринятой для плодовых культур методике. Материал окрашивали гематоксилином. Определение содержания фракции проводилось на свежем листовом материале методом центрифугирования и дальнейшего спектрофотометрирования.

Контроль генетической устойчивости к солевому стрессу (0,2 М NaCL) и осмотическому стрессу (Пег-0,5 атм) заключался в изучении восстановительных особенностей синтеза ДНК и структуры ДНК хроматина [12, 13].

Полученные данные позволяют охарактеризовать генофонд культур, по генетико-цитологическим показателям, это дает возможность использовать их в селекционных работах при создании новых перспективных сортов [3, 4, 6, 9].

Результаты исследования и их обсуждение

В Институте собрана генофондная коллекция земляники, включающая как местные сорта и формы, так и интродуцированные сорта различного географического происхождения. Образцы различаются по темпам роста и развития, срокам урожайности, величине и вкусу, цвету плодов и некоторым биохимическим показателям. По величине и массе плодов все сорта делятся на мелко-, средне- и крупноплодные. Величина плодов, их фенотип, содержание хлорофилла и сахара – сорта полиморфны.

Исследование характера роста, развития, фенотипов, а также генетические анализы: биосинтеза ДНК и РНК, комплекса хромосом выявили полиморфность [14] у различных образцов земляники в коллекции как по фенотипу, так и по генотипу (табл. 1).

Исключение составили два сорта: гибрида канадской селекции Кавальер и Реддекоут в одной комбинации скрещивания (Sparki x Valentayn), которые характеризуются схожим характером синтеза ДНК. Очевидно, здесь имеет место сходство ДНК родителей, что привело к высокому сходству структуры их геномов. Остальные исследованные сорта отличаются между собой по интенсивности синтеза ДНК, содержанием лабильной фракции от 2,38 мг/100 г у сорта Лермонтовская до 13,02 мг/100 г у сорта Дильбер. Анализ фракционного состава ДНК хроматина в ядерном геноме также выявил сходство и в фракционном состоянии ДНК хроматина у сортов Кавальер и Реддекоут (6,69 мг/100 г – 6,39 мг/100 г), довольно значительную разницу по содержанию лабильной фракции ДНК с других сортов от 0,07 мг/100 г у сорта Лермонтовская до 9,09 мг/100 г у сорта Дильбер, что свидетельствует о полиморфности этого показателя.

Учитывая, что в республике климат характеризуется частыми засухами, высокой температурой, наличием засоленных почв, отбор и создание засухоустойчивых и солеустойчивых сортов земляники имеет большое значение.

Реакция ядерной генетической системы выявила усиление экспрессии генов, увеличение функциональной активности у устойчивых к стрессам сортов земляники (табл. 2).

Таблица 1

Структурное состояние ДНК хроматина у различных сортов земляники

№	Сорта и формы	Фракции ДНК, мг на 100 г			ДНК общее, мг на 100 г	Лаб/стаб
		лабильная	стабильная	остаточная		
1	Кавальер	2,88	2,19	1,62	6.69	1,30
2	Реддекоут	2,45	2,93	1,01	6.39	0,93
3	Лермонтовская	0,07	0,72	1,59	2.38	0,88
4	Гибрид 237	6,40	2,07	1,06	9.5	3,1
5	Дильбер	9,09	2,14	1,79	13.03	4,3

Таблица 2

Изменение синтеза ДНК у стрессоустойчивых сортов земляники в ядерно-генетической системе

№	Сорта и формы	ДНК фракции				Устойчивость к стрессам
		Лабильная мг/100 г	Стабильная мг/100 г	Остаточное мг/100 г	Общее мг/100 г	
1	Кавальер	2,88	2,19	1,62	6,69	Высокоустойчивый
	NaCE	3,43	3,52	2,65	9,60	
	PEQ	3,85	4,73	2,76	11,34	
2	Реддекоут	2,46	2,93	1,01	6,39	Среднеустойчивый
	NaCE	2,53	3,77	1,33	7,63	
	PEQ	1,28	1,06	0,58	7,63	
3	Гибрид	6,40	2,07	1,06	9,53	Неустойчивый
	NaCE	4,18	2,20	0,66	7,04	
	PEQ	3,59	1,33	0,33	5,25	

Таблица 3

Комплекс хромосом различных сортов земляники в генофондной коллекции

№	Сорта и формы	Происхождение страна	Число хромосом, 2п Число клеток
1	Боровицкая	Россия, гибрид	28 (18), 42 (1), 56 (2)
2	Реддекоукт	Канада, гибрид	42 (16), 56 (3)
3	Волгоградская	Россия, гибрид	42 (15)
4	Дильбер	Узбекистан, форма	42 (19)
5	Ельшанка	Россия, гибрид	42 (20)
6	Берюлевская	Россия, гибрид	42 (22)
7	Оранжевая	Россия, гибрид	28 (14)
8	Кармен	Казахстан, форма	14 (2), 42 (11), 56 (1)
9	Кавальер	Канада, гибрид	56 (5), 42 (4)
10	Ташкентская	Узбекистан, форма	42 (10)
11	Шунтукская	Северный Кавказ, гибрид	42 (23)
12	Пионерка	Россия, гибрид	42 (10), 56 (7)
13	Олег Кошевой	Россия, форма	42 (17)
14	Машук	Россия, форма	42 (11), 56 (4)

Реакция генетической системы ядра выявила и снижение ДНК, РНК, показателя лабильной фракции ДНК хроматина, РНК/ДНК у стрессонеустойчивых сортов. В данном случае речь идет об изучении синтеза нуклеиновых кислот в качестве генетического маркера.

Цитологический анализ образцов генофонда земляники свидетельствовал, что генофондная коллекция земляники, включающая сорта различного происхождения, по комплексу хромосом полиморфна (табл. 3).

В Институте создана и пополняется генофондная коллекция плодовой культуры унаби, включающая местные, стародавние [3], новые сорта и гибриды, интродуцированные, в основном селекционные сорта [4].

Образцы генофонда унаби полиморфны по фенотипам, от очень крупноплодных до мелких, также обладают различными генотипами (табл. 4).

Данные свидетельствуют о полиморфности величины плодов различных сортов, от мелких до крупных. Но часть местных стародавних сортов мелкоплодных в сравнении с новыми по содержанию ДНК в клетках (0,372–0,485 пг) – разница составляет 23,5% –уступают крупноплодным, интродуцированным (0,505–1,06 пг) – разница 52,5%.

Геномы новых сортов содержат больше ДНК, что необходимо для кодирования белков клетки.

У стародавних сортов Таян-цзао и трех местных стародавних сортов народной селекции содержание лабильной фракции

составляет соответственно 0,247; 0,231; 0,286; 0,293 пг в клетке, здесь имеет место незначительная амплитуда колебания этого показателя. У новых селекционных, интродуцированных сортов этот показатель резко колеблется от 0,203 пг у сорта Даргомский, 0,480 пг у сорта Южанин, 0,563 пг у сорта Таджикский до 0,960 пг у сорта Вахш.

По содержанию стабильной фракции отмечается аналогичная картина. Колебания содержания стабильной фракции ДНК у четырех стародавних сортов незначительны – от 0,119 пг у сорта Азербайджан до 0,142 пг у сорта Ширван. Этот же показатель у новых сортов колеблется от 0,076 мг у сорта Вахш до 0,288 пг у сорта Даргомский. Этот факт свидетельствует, что, очевидно, у стародавних сортов существует механизм регуляции, позволяющий обходиться меньшим количеством ДНК за счет сброса повторяющейся некодируемой части генома. У гибридов и новых селекционных сортов увеличение содержания ДНК в клетке говорит о существовании механизмов регуляции, способствующих увеличению количества ДНК в клетке, приводящих к образованию копий генов или повторов. На данный момент функцию «избыточной» ДНК связывают с повторяющимися последовательностями. Для культуры унаби, очевидно, срок эволюционных процессов сортов имеет значение.

У стародавних сортов (с 1 по 4 в таблице) показатель изменчивости генома имеет малый разброс в пределах 1,9–2,1, в то время как у новых селекционных сортов, часто гибридного происхождения, этот показатель имеет очень широкую амплитуду колебания – от 0,7 у сорта Даргомский до 12,6 у сорта Вахш. Это свидетельствует об определенной нестабильности, несбалансированности этих новых сортов, их изменчивости, большей пластичности, чем стародавние сорта. Сброс содержания ДНК у стародавних сортов идет в основном за счет утраты эухроматина.

Унаби по комплексу хромосом относится к полиморфным растениям. Коллекция включает диплоидные, триплоидные (часто бессемянные или мягкосемянные образцы), тетраплоидные и пентаплоидные. В коллекции в большинстве образцов, особенно местного происхождения, в хромосомном наборе основное число составляет 24 хромосомы. Однако у нового местного селекционного крупноплодного сорта Хурмаи (районирован), созданного нами путем гибридизации местного мелкоплодного сорта ♀Апшеронский (2n = 24) с крупной косточкой и бессемянным интродуцентом триплоидным сортом ♂Таян-цзао, при цитологическом анализе Хурмаи отмечено наряду с клетками 2n = 24 хромосомы и появление триплоидных клеток 2n = 36 хромосом с тонкой косточкой в плоде, что свидетельствует о влиянии у отцовского родителя, мягко- и бессемянного сорта Таян-цзао.

Использование полученных данных помогло создать и выделить новые перспективные сорта унаби: Хурмаи (районирован), Нурана и Новруз крупноплодные сорта переданы в сортоиспытание, новый гибридный раннеспелый сорт Зогалы консервного назначения, а также соле- и засухоустойчивые сорта земляники, отобранные по показателям ДНК и фракции ДНК хроматина, выступающие в качестве генетических маркеров. Эти сорта могут заменить стрессонеустойчивые.

Таблица 4

Содержание ДНК и РНК в листьях местных стародавних сортов, форм и крупноплодных интродуцированных сортов унаби

№	Сорта и формы	Число хромосом, 2n	РНК	ДНК	РНК/ДНК
			Пг на одну клетку		
1	Азербайджан местный мелкоплодный	24	9,135 ± 0,5	0,372 ± 0,01	24,5
2	Местный 2 Ширван	24	6,230 ± 0,2	0,442 ± 0,02	14,1
3	Местный 5 Апшеронский	24	11,4 ± 0,33	0,465 ± 0,02	24,5
4	Таян-цзао	24; 28; 36	6,523 ± 0,2	0,389 ± 0,03	16,7
5	Даргомский	24; 20; 48	10,409 ± 0,37	0,505 ± 0,05	20,5
6	Юбилейный	24; 20; 28; 36	6,73 ± 0,26	0,687 ± 0,04	9,7
7	Таджикский	24	8,961 ± 0,30	0,693 ± 0,10	12,9
8	Вахш	24	11,630 ± 0,08	1,060 ± 0,08	10,9
9	Южанин	24	9,715 ± 0,50	0,634 ± 0,09	15,3

Выводы

1. Образцы земляники и унаби в генофонде представлены сортами и формами с разными фенотипическими, генотипическими показателями и разнообразным комплексом хромосом. Коллекции полиморфны по фено- и генопоказателям.

2. Генофонд унаби состоит из стародавних и новых сортов. Стародавние сорта характеризуются пониженным содержанием ДНК в клетках по сравнению с новыми сортами. Возможно, этот факт свидетельствует об образовании копии генов у новых сортов и говорит об экологической зависимости сортов унаби.

3. Нуклеиновые кислоты представляют одно из главных определяющих звеньев в регуляции многих процессов, являясь генетическим тестом. Образцы характеризуются разными генотипами.

4. Генофонды земляники и унаби состоят из образцов диплоидных, триплоидных, тетраплоидных, гексаплоидных и октоплоидных. Генофонд полиморфен.

5. Использование полученных традиционных и генетико-цитологических данных помогло создать соле- и засухоустойчивые сорта земляники и выделить новые перспективные крупноплодные сорта унаби, проходящие испытание и районированные.

Список литературы

1. Ахундова Н.И. Сбор и изучение коллекции унаби и фейхоа на Апшеронском полуострове // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования. М., 2013. С. 19–21.

2. Ахундова Н.И., Галиева Х.А. Морфофизиологические и цитогенетические особенности унаби в Азербайджане // XVII Международный симпозиум «Нетрадиционное растениеводство. Селекция. Охрана природы. Эниология. Экология и здоровье» (г. Алушта, 13–21 сентября 2008 г.). Симферополь, 2008. С. 437–439.

3. Тагиев Г.М. Новые селекционные сорта унаби в Азербайджане // Сухие субтропические культуры. Тбилиси, 1981. С. 186–187.

4. Сандалова М.В. Перспективы селекции ремонтантных и нейтрально-дневных сортов земляники садовой // Аграрная наука – сельскому хозяйству. 2013. С. 203–205.

5. Шабанова Е.А. Цитогенетический анализ как метод оценки стабильности генетического материала местных древесных растений в культуре тканей // Состояние лесов и актуальные проблемы лесоуправления. 2013. С. 234–237.

6. Боронникова С.В., Васильева Ю.С., Жуланов А.А., Пришнивская Я.В. Нуклеотидный полиморфизм адаптивно значимых генов-кандидатов в популяциях *Larix sibirica* Ledeb. Урала. Генетика. М., 2017. Т. 53. № 5. 9 с.

7. Дубровский М.Л., Лыжин А.С., Вван-Ункан Н.Ю. Получение и отбор генотипов плодово-ягодных культур с измененным уровнем плоидности // Методика. Мичуринск: ВНИИ ГиСпР, 2013. 52 с.

8. Смирнов А.В. Моделирование наследственной изменчивости расчетных признаков. Изд. ТСХА, 2013. № 6. С. 77–79.

9. Ямских И.Е., Куцев М.Г. Полиморфизм популяций *Anemole bailensis* на основе морфологических данных // Турчзаминовье. 2012. Вып. 15. № 4. С. 82–89.

10. Дунаева С.Е., Антонова О.Ю., Швачко Н.А., Гавриленко Т.А. Сохранение генетического разнообразия вегетативно размножаемых культур растений в контролируемых условиях среды в ВИР // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2012. Вып. 169. С. 245–256.

11. Муллагулов Р.Ю. Использование параметров генетической структуры природных популяций растений в выборе принципов охраны // Актуальные проблемы генетики и молекулярной биологии в рамках фестиваля науки. 2012. С. 19.

12. Bray E.A. Molecular responses to water deficit. Plant Physiol. 1993. Vol. 103. P. 1035–1040.

13. Zhu J.K. Salt and drought stress signal transduction in plants. Annu. Rev.Plant Biol. 2002. Vol. 53. P. 247–273.

14. Разин С.В., Быстрицкий А.А. Хроматин; упакованный геном. БИНОМ Лаб. знаний. 2013. 172 с.

УДК 502:911.2

О НЕКОТОРЫХ ПРОБЛЕМАХ КОНТРОЛЯ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ

[1]Епифанова И.Э., [2]Епифанов А.О.

[1]ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии», Обнинск, e-mail: epifan.obninsk@gmail.com;

[2]ФГБУ «Научно-производственное объединение «Тайфун» Росгидромета РФ, Обнинск, e-mail: epifanov@rpatyphoon.ru

Представлен обзор результатов обследования уровней радиоактивного загрязнения морской воды, донных отложений и биоты регионов акватории Баренцева моря наиболее значимыми искусственными радионуклидами ^{137}Cs и ^{90}Sr, полученных в течение длительного периода наблюдений. Приведены оценки объемной активности и концентраций этих радионуклидов на разных глубинах для различных диапазонов временных периодов. Оценены потоки ^{137}Cs и ^{90}Sr в Баренцевом море и приведены годовые балансы этих радионуклидов для широкого диапазона временных периодов. Оценен вклад различных источников загрязнения в поступление радионуклидов в Баренцево море. Подтверждено, что трансокеанический перенос радиоактивных отходов западноевропейских химкомбинатов остается основным источником загрязнения экосистем Баренцева моря ^{137}Cs и ^{90}Sr. Описаны совместные исследования российских и зарубежных специалистов по контролю содержания техногенных радионуклидов в компонентах морской и прибрежной экосистем на морских и береговых станциях, а также результаты экспедиционных работ по оценке возможного поступления радионуклидов в морскую среду от затонувших атомных подводных лодок (АПЛ). Показана необходимость единого подхода к проведению радиоэкологического мониторинга специалистами разных стран для научного обоснования оптимальных мероприятий по ликвидации последствий экстренных радиологических ситуаций в случае их возникновения. Отмечено, что, несмотря на стабильно невысокий уровень концентрации радионуклидов в экосистемах акватории Баренцева моря, для успешного (с точки зрения экологической безопасности) развития народнохозяйственной деятельности необходимо продолжать регулярный радиоэкологический мониторинг в этом регионе.

Ключевые слова: Баренцево море, радиоэкологический мониторинг, радиоактивное загрязнение, ^{137}Cs, ^{90}Sr

ON THE ISSUE OF CONTROL OF THE BARENTS SEA RADIOECOLOGICAL SITUATION'S

[1]Epifanova I.E., [2]Epifanov A.O.

[1]Russian Institute of Radiology and Agroecology, Obninsk, e-mail: epifan.obninsk@gmail.com;
[2]Research&Production Association «Typhoon» of Roshydromet RF, Obninsk, e-mail: epifanov@rpatyphoon.ru

An overview of the results of a survey of the levels of radioactive contamination of seawater, bottom sediments and biota of the regions of the Barents Sea water area with the most significant artificial radionuclides ^{137}Cs and ^{90}Sr obtained over a long period of observations is presented. Estimates of the volumetric activity and concentrations of these radionuclides at different depths for different ranges of time periods are given. The fluxes of ^{137}Cs and ^{90}Sr in the Barents Sea are estimated and the annual balances of these radionuclides are given for a wide range of time periods. The contribution of various sources of pollution to the intake of radionuclides into the Barents Sea was estimated. It was confirmed that the transoceanic transport of radioactive waste from Western European chemical plants remains the main source of pollution of the ecosystems of the Barents Sea with ^{137}Cs and ^{90}Sr. The joint studies of Russian and foreign specialists on the control of the content of technogenic radionuclides in the components of marine and coastal ecosystems at sea and coastal stations, as well as the results of expeditionary work to assess the possible intake of radionuclides into the marine environment from sunken nuclear submarines, are described. The need for a unified approach to radioecological monitoring by specialists from different countries for the scientific substantiation of optimal measures to eliminate the consequences of emergency radiological situations in case of their occurrence was shown. It is noted that, despite the stably low level of concentration of radionuclides in the ecosystems of the Barents Sea water area, for the successful (in terms of environmental safety) development of national economic activity, it is necessary to continue regular radioecological monitoring on this region.

Keywords: Barents Sea, radioecological monitoring, radioactive contamination, ^{137}Cs, ^{90}Sr

Современный уровень развития народно-хозяйственной деятельности в регионах Арктической зоны России по разведке и освоению новых месторождений газа и нефти, работа предприятий по переработке и утилизации радиоактивных отходов (РАО), а также деятельность атомного морского флота становятся причинами возрастающего техногенного воздействия на эти территории [1]. Среди многочисленных экологических проблем арктических регионов важное место занимает радиоактивное загрязнение [2]. Поэтому для дальнейшего безопасного развития регионов Арктической зоны РФ необходимо постоянное проведение мониторинга радиоэкологического

состояния окружающей среды, важной составляющей которого является радиологический мониторинг морских вод и донных отложений северных морей. Информация об уровне загрязнения водных экосистем необходима для решения природоохранных вопросов, особенно на локальных акваториях с относительно высокими уровнями искусственных изотопов ^{134,137}Cs, ^{90}Sr, ^{238}Pu, $^{239\text{-}240}$Pu. Также это важно для организации системы экологической безопасности в случае применения при нефтегазодобыче на шельфе атомных энергетических установок и для случаев аварийных ситуаций на объектах с атомными реакторами [3].

Изучение радиоэкологического состояния арктических морей ассоциируется, в первую очередь, с исследованием Баренцева моря, воды которого загрязняются техногенными радионуклидами с начала испытания атомного оружия по настоящее время. Баренцево море подвержено, по сравнению с другими морями Северного Ледовитого океана, наиболее сильному влиянию потока вод из Северной Атлантики, определяющему высокий уровень радиационного воздействия на морскую экосистему [4]. Баренцево море обладает высоким рыбопромышленным потенциалом. При оценке негативного влияния радиоактивного загрязнения на компоненты морской биоты и связанных с этим рисков для населения необходимы знания закономерностей накопления и миграции радионуклидов в экосистемах моря [5].

С целью подтверждения важности проведения научно-исследовательских работ по оценке и контролю радиоэкологической обстановки, как для решения практических задач (определения оптимальных способов экологически безопасного освоения природных ресурсов региона и ведения народнохозяйственной деятельности), так и для теоретического изучения глобальных процессов, протекающих в окружающей среде, в данной работе представлены результаты радиоэкологического мониторинга региона Баренцева моря, полученные за длительный период наблюдений, в процессе изменения приоритетных источников загрязнения радионуклидами окружающей среды в этом регионе. Сделан вывод, что, с учетом вероятности возникновения аварийных ситуаций на ядерно-опасных объектах региона, регулярный радиоэкологический мониторинг акватории Баренцева моря сохраняет свою актуальность.

Исследование содержания ^{137}Cs и ^{90}Sr в акватории Баренцева моря

Современная радиоэкологическая обстановка в Баренцевом море сложилась под воздействием целого ряда источников техногенного загрязнения. Сброс отходов радиохимических западноевропейских комбинатов, глобальные выпадения радионуклидов, обусловленные проведенными на архипелаге Новая Земля ядерными испытаниями и аварийным выбросом после аварии на ЧАЭС, деятельность атомного морского флота и предприятий по переработке и утилизации радиоактивных отходов (РАО), а также размещение пунктов захоронения РАО и объектов с отработанным ядерным топливом (ОЯТ) определяют уровень загрязнения морских вод в этом регионе [6; 7].

К наиболее значимым радионуклидам, требующим постоянного контроля за их содержанием в природных водах, относятся ^{137}Cs и ^{90}Sr. ^{137}Cs имеет высокую радиотоксичность (β- и γ-излучатель) и повышенную растворимость в водных средах [8]. ^{90}Sr имеет долгий период полувыведения из организма человека (11 лет); при попадании в организм быстро не выводится, прочно фиксируясь в костях. Являясь токсикантами, легко встраивающимися в процессы метаболизма, и имеющими длительный период полураспада, эти радионуклиды своим присутствием в окружающей среде представляют серьезную опасность для здоровья людей. Поэтому при проведении мониторинга радиоэкологической ситуации в акватории Баренцева моря одной из приоритетных задач является оценка содержания ^{137}Cs и ^{90}Sr в исследуемых образцах.

Объемные активности ^{137}Cs и ^{90}Sr в водах Баренцева моря вблизи его границы с Норвежским морем, полученные в ходе периодических экспедиционных обследований, приведены в [9]. Приведены данные о вкладах разных источников загрязнения в поступление радионуклидов в Баренцево море. Сделан вывод, что основным источником радиационного загрязнения в 1961–1970 гг. являлись атмосферные глобальные выпадения продуктов ядерных взрывов, а после 1971 гг. – трансокеанический перенос радиоактивных отходов западноевропейских радиохимических заводов. В [10] приведены оценки концентраций ^{137}Cs и ^{90}Sr в морской воде на различных глубинах; проанализировано изменение отношения концентраций ^{137}Cs/^{90}Sr в зависимости от влияния течений. Подтверждено существенное влияние загрязненных радиоактивными отходами вод Норвежского прибрежного течения на радиационную обстановку в Баренцевом море: поступление локального ^{137}Cs из Норвежского моря только за один 1982 г. составило около 35% суммарного выпадения радионуклида в результате всех ядерных испытаний, проведенных до 1978 г.

Существенный вклад в исследование радиоэкологической обстановки региона Баренцева моря внесен специалистами Мурманского морского биологического института. Результаты многолетних наблюдений, проводимых начиная с 50-х годов XX века, представлены в широком ряде работ.

Оценка потоков ^{137}Cs и ^{90}Sr в Баренцевом море представлена в [11]. Приведены годовые балансы ^{137}Cs и ^{90}Sr для широкого диапазона временных периодов начиная с 50-х годов XX века. Установлено, что главной составляющей приходных частей годовых балансов радионуклидов в Баренцевом море с 1960 по 2009 г. является перенос ^{137}Cs и ^{90}Sr по системе течений из Норвежского моря. Атмосферные выпадения вносили существенный вклад в радиоактивное загрязнение моря в 1950–1960-е гг. и 1986 г. Поступление ^{137}Cs и ^{90}Sr с речными водами, так же как и при сливах жидких радиоактивных отходов в результате аварийных ситуаций, незначительно. В современном балансе ^{137}Cs и ^{90}Sr трансграничный перенос из Норвежского моря для каждого радионуклида составляет около 99% от общего поступления. В 1960-1980-х гг. отмечено значительное преобладание изотопов ^{137}Cs; в 1990-е гг. ^{137}Cs и ^{90}Sr поступали из Норвежского моря примерно в одинаковых количествах; в настоящее время перенос ^{90}Sr преобладает над переносом ^{137}Cs [11].

В [12] также отмечено, что трансокеанический перенос радиоактивных отходов западноевропейских радиохимических заводов в Селлафилде и на мысе Аг заметно повлиял на радиоактивное загрязнение всего Баренцева моря. Максимальные объемы сброса в Селлафилде были зафиксированы в 1974–1978 гг. Через 5-6 лет сброшенные радионуклиды ^{137}Cs и ^{90}Sr попали в Баренцево море. Концентрация ^{137}Cs в начале 80-х годов в отдельных районах моря достигала 30 Бк/м^3, что в несколько раз выше уровня, обусловленного атмосферными выпадениями. С конца 1970-х гг., с уменьшением значимости последствий ядерных испытаний, трансокеанический перенос сбросов радиохимического завода в Селлафильде становится основным источником поступления радиоизотопов в Баренцево море в целом. В 1990-е годы отмечено резкое снижение концентраций радионуклидов. В 1993–1995 гг. у северной границы моря объемная активность ^{137}Cs не превышала 3,0–4,7 Бк/м^3, активность ^{90}Sr – 1,0 Бк/м^3. В 2000-2007 гг. содержание радиоцезия в водах центральных и южных районов Баренцева моря составляло 0,5–3 Бк/м^3, а радиостронция – 0,7-4,9 Бк/м^3; на северо-западной периферии концентрации ^{137}Cs и ^{90}Sr были заметно выше: 4,0 и 7,5 Бк/м^3 соответственно [12].

Радиологический мониторинг загрязнения морей Российского сектора Арктики проведен авторами [4; 13]. Отмечено, что в Баренцево море за период 1950–2009 гг. поступило около 37,5·10^3 ТБк ^{137}Cs и 24,8·10^3 ТБк ^{90}Sr. К настоящему времени в процессе водообмена большая часть этих радиоизотопов выведена из бассейна. В результате расчета годовых балансов содержание радионуклидов оценено величинами: 11,6·10^3 ТБк ^{137}Cs и 5,3·10^3 ТБк ^{90}Sr. Большая часть радиоизотопов поступает через Норвежское море как последствие сбросов западноевропейских радиохимических заводов. На примере анализа концентраций ^{137}Cs было показано, что в бассейн Баренцева моря поступало около 20% радиоактивных отходов, сбрасываемых этими заводами [4]. Годовой приток ^{90}Sr с водами превышает расход. Поступление ^{137}Cs было выше его выведения до 1980-х гг., затем баланс стал отрицательным. Донные отложения депонируют в настоящее время около 447 ТБк ^{137}Cs и 75·10^3 ТБк ^{90}Sr [13].

В [12] приведены результаты исследования активности ^{137}Cs и ^{90}Sr в морской среде в районе Земли Франца-Иосифа (ЗФИ) – одной из наименее изученных частей Баренцева моря. В 1970–1980-е гг. в районе ЗФИ объемная активность ^{137}Cs варьировала от 8 до 15 Бк/м^3, ^{90}Sr – 4,6–9 Бк/м^3. В 1990-е гг. уровень загрязнения вод ^{137}Cs составлял 3–6 Бк/ м^3, по ^{90}Sr – 1,5–3 Бк/м^3. В донных отложениях вблизи ЗФИ содержалось 0,2÷9 Бк/кг ^{137}Cs; в то же время в зоне переноса атлантических вод течением Фрама концентрация радиоцезия достигала 10–15 Бк/кг сухого осадка. Исследование донных отложений в 2000-е годы выявило активность ^{137}Cs от 2–4,9 до 4-8 Бк/кг; ^{90}Sr – от 0,2 до 2,6 Бк/кг. Современный радиоактивный фон вод, омывающих архипелаг ЗФИ, характеризуется низкими концентрациями ^{137}Cs (0,3–1,9 Бк/м^3) и ^{90}Sr (0,1–1,8 Бк/м^3).

В результате радиоэкологического мониторинга водных масс западной части Баренцева моря выполнены измерения объемной активности ^{137}Cs [4]. Экспедиционные работы проводились в 2017 г. вдоль западных границ водоема. Отмечено, что подобные прямые исследования не проводились в течение последнего десятилетия, несмотря на актуальность информации о поступлении радионуклидов в Баренцево море. Приведен анализ широтного распределения концентраций ^{137}Cs на западной окраине моря. Показаны современные особенности трансокеанического переноса

этого изотопа из Северной Атлантики в Баренцево море. Отмечено, что атлантические воды по-прежнему отличаются максимальным содержанием радионуклидов, но не все ветви атлантического потока равномерно ими насыщены.

Оценка современного радиоактивного загрязнения и выявление тенденций изменения радиационного фона вод Баренцева и Карского морей представлены в [14]. Приведены концентрации ^{137}Cs и ^{90}Sr в воде и донных отложениях в различных частях акватории Баренцева моря в период 1960–2013 гг. Проведенный сравнительный анализ загрязнения показал, что за 60 лет за счет естественных океанологических процессов и распада изотопов концентрация ^{137}Cs и ^{90}Sr многократно снизилась по сравнению с периодом 1960-х гг. Современная динамика активности радионуклидов в Баренцевом море имеет тенденцию снижения до минимальных значений, возможных в «Ядерную эпоху». Отмечено, что обнаружение следов аварийных выбросов АЭС «Фукусима-1» в высокоширотных областях Арктики способствовало повышению внимания к проблеме радиоактивного загрязнения морей Евро-Арктического региона. Дана рекомендация о направленности современных радиоэкологических исследований на проведение мониторинга, изучение перераспределения радионуклидов и механизмов самоочищения морских экосистем, на выявление районов аккумуляции техногенных радионуклидов.

Изучение радиоэкологической обстановки региона Баренцева моря в рамках международного сотрудничества

В настоящее время при проведении радиоэкологического мониторинга специалисты разных стран используют отличающиеся друг от друга методы измерений, приборные/аппаратурные базы, подходы к анализу имеющихся баз данных. Однако в случае возникновения экстренных радиологических ситуаций для научного обоснования адекватных мероприятий по их ликвидации необходимо иметь корректные информационные данные. Поэтому в рамках международного сотрудничества в области радиационной безопасности проводятся совместные исследования российских, норвежских и финских специалистов, целью которых является получение сопоставимых результатов наблюдений надежных и регулярных данных о состоянии радиоактивного загрязнения окружающей среды западной Арктики.

В 1992 г. начались совместные работы России и Норвегии по изучению общего состояния радиоактивного загрязнения Баренцева моря. С 2006 г. по настоящее время Росгидромет РФ и Норвежское агентство по радиационной защите ведут исследования по совместному проекту мониторинга радиоактивного загрязнения морской среды Баренцева моря [7]. Целью выполняемых работ является разработка и реализация единой мониторинговой программы с общими объектами наблюдений и одинаковыми методическими принципами для обеспечения возможности отслеживать тренды в радиационной обстановке как в прибрежных районах Баренцева моря, так и в районах открытого моря. В рамках этих программ на морских и береговых станциях ведется контроль содержания техногенных радионуклидов в компонентах морской экосистемы. Экспериментальные исследования выполняются на трех станциях в открытом море, а также в окрестностях п. Териберка (побережье Кольского полуострова). Проводится мониторинг радиоактивного загрязнения морской воды в Баренцевом море и российской береговой станции; определяются уровни содержания отдельных радионуклидов в пробах биоты (водоросли, рыба, донные отложения и др.) в районе российской береговой станции. Также производится оценка некоторых экспериментальных параметров, необходимых для моделирования экосистемы Баренцева моря [15]. В рамках программы получены временные ряды данных о содержании радионуклидов в морской воде, донных отложениях и различных видах биоты Баренцева моря. Приоритетным является контроль техногенных радионуклидов (^{137}Cs, ^{90}Sr, $^{239+240}$Pu, ^{3}H). Получены данные о содержании некоторых естественных радионуклидов (^{226}Ra, ^{228}Ra и ^{210}Pb) в пробах морской воды.

В [16] приведены результаты 10-летних совместных мониторинговых работ норвежских и российских исследователей, выполненных в открытом море и прибрежных районах Баренцева моря. Отбор проб морской воды и водорослей проводился на норвежских станциях Хиллёсе (район Тромсё) и Гренсе Якобсельв, проб прибрежных отложений – на двух станциях в Лаксе-фьорде (Финляндия). Дана оценка содержания ^{137}Cs, ^{90}Sr и $^{239+240}$Pu в морской воде, водорослях и рыбе, а также содержания ^{137}Cs в донных отложениях. Сообщается об экспедиционных исследованиях, проведенных в заливе Степового (восточное побережье Новой Земли). В ходе этой экспедиции были взяты образцы донных отложений большого объема для их последующего сравнительного анализа всеми участниками проекта (в исследовании так-

же участвовали представители МАГАТЭ). Отмечено хорошее согласование результатов анализа, проведенного участниками совместной программы и специалистами МАГАТЭ. Данные, собранные в результате 10 лет совместных исследований, дают хорошее представление об уровнях и тенденциях радиоактивного загрязнения морской среды Баренцева моря и подтверждают, что уровни антропогенных радионуклидов низкие и продолжают снижаться.

Мониторинг экосистем Баренцева моря в местах расположения потенциальных источников локального радиоактивного загрязнения

Несмотря на невысокий в настоящее время уровень концентраций долгоживущих радионуклидов в водах Баренцева моря, нельзя не учитывать вероятность локального радиоактивного загрязнения экосистем этого региона из-за расположенных на его территории многочисленных захоронений объектов с ОЯТ и РАО.

Возможными источниками локального радиоактивного загрязнения акватории Баренцева моря также являются затонувшие в разное время на разной глубине атомные подводные лодки российского флота, среди которых АПЛ «Комсомолец» и «К-159» относятся к группе наиболее опасных объектов с ОЯТ в Арктике в целом [17]. В рамках программ международного сотрудничества проведен ряд совместных экспедиционных работ российских и норвежских специалистов по оценке возможного поступления радионуклидов в морскую среду Баренцева моря от затонувших АПЛ «Курск», К-159 и «Комсомолец».

В сентябре-октябре 2001 г. в процессе операции по подъему затонувшей АПЛ «Курск» специалистами из России и Норвегии на борту ОИС «Семен Дежнев» проводился мониторинг состояния поверхностных и придонных вод, поверхностного слоя придонных отложений и рыбы в районе затопления субмарины. В исследованных объектах не было обнаружено искусственных гамма-излучателей, подтверждающих возможную утечку радионуклидов из АПЛ «Курск». Результаты выполненных измерений проб морской среды, отобранных до подъема, во время подъема и после подъема затонувшей подлодки, приведены в [7]. Сделан вывод о том, что операция по подъему субмарины не повлекла за собой негативных последствий для радиоэкологической обстановки в данном регионе Баренцева моря.

АПЛ «К-159», затонувшая при буксировке на утилизацию в 2003 г. на выходе из Кольского залива, рядом с местом расположения судоходных путей и районами рыбного промысла, является наиболее опасным потенциальным источником радиоактивного загрязнения среди остальных захороненных в Баренцевом море объектов с ОЯТ [17]. Осенью 2014 г. проведена совместная норвежско-российская экспедиция в Баренцево море для получения информации о физическом состоянии затонувшей субмарины и оценки уровня радиоактивного загрязнения окружающей морской среды. Проведены видеонаблюдение за «К-159» с помощью подводного аппарата с дистанционным управлением (ROV) и измерение радиации на месте в критических точках вокруг подводной лодки (над реакторным отсеком). Отобраны пробы морской воды, донных отложений и биоты в носовой части, на корме и с обеих сторон реакторного отсека, а также в районе затопленной АПЛ. Установлено, что уровень радиации в районе «К-159» был типичным для Баренцева моря и аналогичным наблюдаемому в 2007 г. Сделан вывод, что утечки из реакторов подводной лодки в морскую среду не происходит [18].

В июле 2019 г. на НИС «G.O. Sars» Норвежским агентством по радиационной и ядерной безопасности была организована экспедиция для мониторинга радиационной обстановки на месте затопления АПЛ К-278 «Комсомолец» с участием российских специалистов. Для обследования корпуса К-278, отбора проб воды, донных отложений, биоты был использован ROV Egir6000. Предварительные результаты измерений удельной активности по ^{137}Cs проб из «облака» непосредственно рядом с верхом шахты АПЛ показали существенное превышение фоновых значений естественных радионуклидов в районе затопления субмарины [19]. Для окончательной оценки радиоэкологического состояния морской среды в обследованном районе проводится детальный анализ отобранных проб в лабораторных условиях. Выполненное обследование подтверждает существование вероятности локального загрязнения морских экосистем вследствие аварийного поступления радионуклидов от затонувших АПЛ и доказывает необходимость проведения регулярного контроля радиоэкологической ситуации в Баренцевом море.

Заключение

Радиоэкологические обследования, проведенные в течение последних лет, подтверждают невысокий уровень концентрации техногенных радионуклидов в экосистемах акватории Баренцева моря

и наличие тенденции снижения уровня их активности до минимальных значений. Несмотря на это, проведение регулярного радиоэкологического мониторинга является важным условием для успешного хозяйственного развития изучаемых регионов и определения оптимальной стратегии экологически безопасной деятельности отраслей местной промышленности.

Информация, полученная в процессе радиоэкологических исследований, может использоваться как научная основа для выбора способов рационального ведения хозяйственной деятельности с учетом обеспечения радиационной безопасности окружающей среды, так и для применения при решении теоретических проблем, связанных с оценкой, перераспределением и балансом искусственных радионуклидов в экосистемах.

Актуальность сотрудничества специалистов разных стран по проблеме контроля радиоэкологической ситуации в Баренцевом море и на прилегающих к нему территориях будет расти по мере увеличения техногенной нагрузки на регион.

Список литературы

1. Саркисов А.А., Высоцкий В.Л., Сивинцев Ю.В., Никитин В.С. Проблемы радиационной реабилитации Арктических морей, способы и пути их решения // Арктика: экология и экономика. 2011. № 1 (1). С. 70–81.

2. Саркисов А.А., Большов Л.А., Антипов С.В., Билашенко В.П., Высоцкий В.Л., Кобринский М.Н., Шведов П.А. История, современное состояние и перспективы радиоэкологической реабилитации Арктики // Атомная энергия. 2016. № 5 (121). С. 247–255.

3. Матишов Д.Г. Антропогенные радионуклиды в морских экосистемах: дис… докт. геогр. наук: 25.00.36. Мурманск, 2001. 394 с.

4. Ильин Г.В., Усягина И.С., Валуйская Д.А., Максимовская Т.М. Содержание техногенного изотопа ^{137}Cs в Западной части Баренцева моря по результатам экспедиций 2017 года // Труды Кольского научного центра РАН. 2018. № 4–5 (9). С. 131–139.

5. Усягина И.С. Распределение и пути миграции искусственных радионуклидов в экосистеме Баренцева моря: автореф. дис… канд. геогр. наук. Мурманск, 2012. 24 с.

6. Хвостова М.С. Вопросы радиоэкологии Арктического региона России // Российская Арктика. 2019. № 4. С. 58–71.

7. Никитин А.И., Шершаков В.М., Цатуров Ю.С. Совместные российско-норвежские исследования радиоактивного загрязнения западных арктических морей в районах. Подверженных воздействию локальных источников // Арктика: экология и экономика. 2011. № 2. С. 26–35.

8. Епифанов А.О., Епифанова И.Э. Использование композитных сорбентов на основе гексацианоферратов для концентрации радиоцезия при проведении радиологического мониторинга природных вод // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2018. № 11–1. С. 181–187.

9. Вакуловский С.М. Техногенные радионуклиды в Баренцевом море // Атомная энергия. 2013. № 5 (114). С. 296–299.

10. Вакуловский С.М., Никитин А.И., Чумичев В.Б. О загрязнении Арктических морей отходами западноевропейских радиохимических заводов // Атомная энергия. 1988. № 6 (58). С. 445–449.

11. Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Усягина И.С., Касаткина Н.Е., Павельская Е.В. Оценка потоков ^{137}Cs и ^{90}Sr в Баренцевом море // Доклады Академии наук. 2011. № 6 (439). С. 822–827.

12. Усягина И.С., Касаткина Н.Е., Ильин Г.В. Техногенные радионуклиды в морской среде и элементах наземной экосистемы архипелага Земля Франца-Иосифа // Труды Кольского научного центра РАН. 2014. Т. 4. № 23. С. 102–112.

13. Ильин Г.В., Усягина И.С., Касаткина Н.Е. Геоэкологическое состояние среды морей Российского сектора Арктики в условиях современных техногенных нагрузок // Вестник Кольского научного центра РАН. 2015. № 2(21). С. 82–93.

14. Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Усягина И.С., Касаткина Н.Е. Многолетняя динамика радиоактивного загрязнения Баренцево-Карского региона (1960–2013 гг.) // Доклады Академии наук. 2014. № 4 (458). С. 473–479.

15. Исследование радиоактивного загрязнения морской среды Баренцева моря. Отчет по российско-норвежскому проекту. Обнинск, 2015. 33 с.

16. Heldal H.E., Jensen L.K., Shpinkov V., Gwynn J.P. 10 Years of Joint Monitoring of Radioactive Substances in the Barents Sea. Joint Norwegian-Russian Expert Group for Investigation of Radioactive Contamination of the Northern Areas [Electronic resource]. URL: https://www.researchgate.net/publication/321490880_JOINT_NORWEGIAN-RUSSIAN_EXPERT_GROUP _for_investigation_of_Radioactive_Contamination_in_the_Northern_Areas_10_YEARS_OF_JOINT_MONITORING_OF_RADIOACTIVE_SUBSTANCES_IN_THE_BARENTS_SEA (date of access: 20.09.2020).

17. Саркисов А.А., Антипов С.В., Высоцкий В.Л. Приоритетные проекты программы реабилитации арктических морей от затопленных и затонувших ядерных и радиационно опасных объектов и необходимость международного сотрудничества // Арктика: экология и экономика. 2012. № 4 (8). С. 4–15.

18. Gwynn J.P., Heldal H.E. Investigating the Sunken Nuclear Submarine K-159 in the Barents sea. [Electronic resource]. URL: https://framsenteret.no/arkiv/investigating-the-sunken-nuclear-submarine-k-159-in-the-barents-sea-5751690-146437/ (date of access: 20.09.2020).

19. Вакуловский С.М., Епифанов А.О., Каткова М.Н., Уваров А.Д. Радиоэкологическое обследование вод Баренцева моря в месте затопления АПЛ К-278 «Комсомолец» // Будущее атомной энергетики – Atom Future 2019: материалы XV Международной научно-практической конференции. Обнинск, 2020. С. 22–23.

УДК 57:612.821.2

МЕДИТАЦИЯ И НЕЙРОПЛАСТИЧНОСТЬ. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЗАДЗЕН МЕДИТАЦИИ С ПОМОЩЬЮ РЕКУРРЕНТНОЙ ЭНТРОПИИ ЭЭГ

Кануников И.Е., Куперин Ю.А., Черных Г.А.

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», Санкт-Петербург, e-mail: g.chernykh@spbu.ru

Цель исследования состоит в выявлении возможных нейропластических изменений в головном мозге человека в результате практики медитации дзадзен. На четырех испытуемых, не практиковавших ранее медитацию, было выполнено лонгитюдное электроэнцефалографическое исследование. Испытуемые обучались медитации в течение полутора месяцев под руководством профессионала, практикующего дзадзен медитацию. Анализировался показатель рекуррентной энтропии ЭЭГ, которая, будучи построенной по частотным распределениям диагональных линий рекуррентных диаграмм, отражает сложность детерминистической составляющей динамической системы. Показатели вычислялись для ЭЭГ, снимаемых в состоянии медитации, а также в фоновых условиях до и после медитации. В результате экспериментов было получено, что в процессе обучения медитации энтропия ЭЭГ непрерывно увеличивалась (с учетом отрицательного знака) только у одного испытуемого из четырех. У этого испытуемого также наблюдалось снижение энтропии после медитации. Полученные данные могут рассматриваться как свидетельство наличия нейропластических изменений в процессе овладения практикой медитации дзадзен. Кроме того, выявленная динамика рекуррентной энтропии ЭЭГ у остальных испытуемых мотивирует на поиск других динамических характеристик, которые могут быть более эффективны с точки зрения выявления нейропластических изменений.

Ключевые слова: ЭЭГ, рекуррентный анализ, рекуррентная энтропия ЭЭГ, дзадзен медитация, нейропластичность, пластичность мозга

MEDITATION AND NEUROPLASTICITY. RESULTS OF A STUDY OF ZAZEN MEDITATION USING RECURRENT ENTROPY EEG

Kanunikov I.E., Kuperin Yu.A., Chernykh G.A.

Saint-Petersburg State University, e-mail: g.chernykh@spbu.ru

The aim of the study is to identify possible neuroplastic changes in the human brain as a result of practicing zazen meditation. A longitudinal electroencephalographic study was performed on four subjects who had not previously practiced meditation. The subjects were trained in meditation for a month and a half under the guidance of a professional practicing zazen meditation. We analyzed the EEG recurrent entropy index, which, based on the frequency distributions of the diagonal lines of recurrent diagrams, reflects the complexity of the deterministic component of the dynamic system. Indicators were calculated for EEGS taken in meditation states, as well as in background conditions before and after meditation. As a result of experiments, it was found that during the training of meditation, the EEG entropy continuously increased (taking into account the negative sign) in only one of the four subjects. This subject also experienced a decrease in entropy after meditation. The obtained data can be considered as evidence of the presence of neuroplastic changes in the process of mastering the practice of zazen meditation. In addition, the revealed dynamics of recurrent EEG entropy in other subjects motivates the search for other dynamic characteristics that may be more effective in detecting neuroplastic changes.

Keywords: EEG, recurrent analysis, EEG recurrent entropy, zazen meditation, neuroplasticity, brain plasticity

Настоящая работа представляет результаты лонгитюдного исследования, выполненного с целью получения ответа на вопрос о том, вызывает ли практика освоения дзадзен медитации нейропластические изменения мозга. Речь идет о макроуровне, связанном с изменением сетевой структуры мозга, обеспечивающей взаимосвязь между различными мозговыми областями. Дэвидсоном [1] было проведено исследование добровольцев, практиковавших медитацию (mindfulness meditation) каждый день по 1 часу, на протяжении 8 недель. Показано, что медитация может изменять мозговую деятельность и иммунную функцию в позитивном направлении. Многочисленные исследования Дэвидсона и его коллег показали, что мысли, упражнения и различные виды медитаций могут приводить к нейропластическим перестройкам в мозгу здорового человека [2–4]. Это в большой степени соотносится с философией тибетского буддизма. «Из всех направлений современной нейрофизиологии нейропластичность имеет самый большой потенциал для осмысленного взаимодействия с буддизмом», – говорит нейрофизиолог Ричард Дэвидсон.

Мы предположили, что наличие нейропластических изменений отразится на нелинейном показателе энтропии фоновой ЭЭГ. Как известно, энтропия ЭЭГ снижается при наркозе [5, 6] и положительно связана с адаптивностью мозга [7]. В [8] показано,

что продолжительная практика медитации приводит к эндогенному увеличению энтропии колебательной активности мозга. Наиболее заметные эффекты наблюдались в структурах мозга, критически вовлеченных в процессы осознания и внимания. У краткосрочно и долгосрочно медитирующих в дзен практике были найдены постоянные структурные изменения в медитирующем мозге [9].

Для вычисления показателей энтропии ЭЭГ использовался метод рекуррентного количественного анализа, основанного на количественной оценке рекуррентных диаграмм. Этот метод, разработанный Сбилутом и Вебером [10], стал весьма популярным в последние годы. Его важное преимущество, в частности, состоит в возможности использования для анализа коротких временных рядов с шумом. К тому же этот метод позволяет анализировать активность системы независимо от числа и динамической природы индивидуальных источников [11].

Материалы и методы исследования

В опытах исследовались 4 человека (три женщины и один мужчина), которые добровольно изъявили желание принять участие в лонгитюдных экспериментах, посвященных обучению дзадзен медитации. Каждый испытуемый был проинструктирован о технической процедуре эксперимента. Никто из испытуемых не имел предварительного опыта практики медитации дзадзен. Исследование осуществлялось в течение полутора месяцев. Испытуемые посещали лабораторию три раза в неделю (в дневное и вечернее время) для записи ЭЭГ в процессе медитации дзадзен. До первого посещения лаборатории каждый испытуемый прошел обучение практике дзадзен в специализированном дзен-центре традиции Сото в Санкт-Петербурге под руководством монахини со стажем практики 11 лет. Во время первого посещения с каждым испытуемым проводилось краткое собеседование, он подписывал информированное согласие и прослушивал устный инструктаж по технике медитации дзадзен, во время которого объяснялась задача на время практики и давалась инструкция относительно необходимой позиции тела. Во время практики дзадзен испытуемым предлагалось сидеть на специальной подушке для медитации так, чтобы колени упирались в пол, позвоночник был прямым. Испытуемых просили сидеть с открытыми глазами, расслабленным взглядом смотреть на стену перед собой под углом 45 градусов, что соответствует технике медитации дзадзен, практикуемой в дзен-буддизме. Перед ними ставилась задача наблюдать свое дыхание, возвращать внимание к процессу вдоха и выдоха в случае, если испытуемый отвлекся на мысль или какой-либо другой фактор. Для того чтобы понять истинную сущность дзен-медитации, процитируем выдержку из работы Тайсэн Дэсимару Роси: «Истинный Дзадзен заключается в тихом сидении в правильной позиции. Это не какое-то особое состояние, это нормальное состояние человеческого существа: молчаливое и спокойное, без возбуждения. Дзадзен означает успокоить ум и сконцентрировать ум и тело. В дзадзен нет цели, нет стремления что-либо получить, нет специального усилия или воображения. Это не знание, которое нужно постичь умом. Это только практика, практика, являющаяся истинными вратами в счастье, покой и свободу» [9]. Важно подчеркнуть следующий момент. Практикуя, не надо стремиться чего-либо достичь. Не надо ставить цель, необходимо только концентрироваться на позиции дзадзен, на дыхании и состоянии ума. Учитывая это, следует подчеркнуть, что экспериментатору трудно дать объективную оценку успеха при осуществлении медитации. Это факт подчеркивается в классических трактатах о дзадзен медитации.

Запись ЭЭГ осуществлялась с помощью электроэнцефалографа фирмы Нейровизор в программе Неокортекс, фильтр высокой частоты устанавливался на 0,53 Гц, а фильтр низкой частоты – на 30 Гц. Частота квантования равнялась 1000 Гц.

Расположение электродов осуществлялось по международной 10–20 системе. ЭЭГ регистрировалась монополярно в следующих 22 отведениях: Fp1, Fp2, F3, F4, F7, F8, Fz, C3, C4, Cz, T3, T4, T5, T6, P3, P4, Po3, Po4, Pz, O1, O2, Oz. Кроме того были поставлены два электрода, расположенные между P3 и O1 (Po3) и P4 и O2 (Po4). Референтным электродом служил электрод, объединяющий мочки ушей. С целью контроля движений глаз велась запись ЭОГ с двух электродов, расположенных по диагонали вокруг правого глаза.

В начале каждого опыта записывалась фоновая ЭЭГ при закрытых и открытых глазах (по 1 мин), затем производилась запись ЭЭГ во время осуществления практики дзадзен в течение 20 мин, после чего снова записывалась фоновая ЭЭГ при закрытых и открытых глазах (по 1 мин). Рекуррентный анализ был реализован с помощью программы «IM Recurrence Analyst».

Для каждой фоновой серии в условиях с открытыми глазами для каждого из 22 отведений ЭЭГ вычислялись значения показателя энтропии (ENTR) до медитации

и после медитации. Наряду с этим вычислялись показатели энтропии для последовательных серий медитации в процессе обучения. Длительность эпохи анализа составляла 50000 точек, что соответствовало 50 с. Статистический анализ данных осуществлялся с помощью пакета программ SPSS (ANOVA), при этом у каждого испытуемого все последовательные фоновые серии до медитации сопоставлялись с фоновыми сериями после медитации. Полагалось, что, если процесс обучения дзадзен медитации сопровождается нейропластичными изменениями, то фоновые показатели ЭЭГ до и после медитации будут значимо различаться.

Мера энтропии соотносится с энтропией Шеннона частотного распределения длин диагональных линий на рекуррентных диаграммах. Вычисление энтропии осуществлялось с помощью формулы

$$ENTR = -\sum_{l=l_{min}}^{N} p(l)\ln p(l) \qquad p(l) = \frac{P^{\varepsilon}(l)}{\sum_{P^{\varepsilon}(l)}^{N} P^{\varepsilon}(l)},$$

где $P^{\varepsilon}(l)$ – частотные распределения длин l диагональных линий.

Результаты исследования и их обсуждение

Для каждого из четырех испытуемых были вычислены показатели энтропии фоновых ЭЭГ и ЭЭГ во время медитации. При этом рассматривались последовательные серии, начиная с первой и кончая последней. В случае медитации анализировались, как правило, четыре последовательные серии (первая, две в середине и заключительная серия). Рассмотрим последовательно результаты всех испытуемых.

У испытуемого 1 выявлена значимая динамика ($P < 0{,}001$) значений энтропии в ходе выполнения последовательных медитаций (таблица).

Усредненные по всем отведениям значения энтропии ЭЭГ в последовательных сериях медитации для испытуемых 1, 3 и 4

Серии медитации	1	2	3	4
Энтропия ЭЭГ Испытуемый 1	-3,58	-3,97	-3,56	-3.35
Энтропия ЭЭГ Испытуемый 3	-3,57	-3,90	-4,38	-4.00
Энтропия ЭЭГ Испытуемый 4	-3,14	-3,44		-4,69

Сопоставление энтропии ЭЭГ в фоне после медитации с фоном до медитации (рис. 1) также выявило значимое увеличение энтропии после медитации. Различия высоко достоверны ($P < 0{,}0001$). У испытуемого 2 значения энтропии ЭЭГ при последовательных сериях медитации не выявили значимых различий (рис. 2 (слева)).

Для испытуемого 3 (таблица и рис. 3 (справа)) в процессе медитации значения энтропии возрастают, однако к последней серии происходит уменьшение энтропии, эта динамика высоко достоверна ($P < 0{,}001$). Однако никаких значимых изменений в фоновой ЭЭГ не наблюдается.

У испытуемого 4 (таблица и рис. 3) наблюдалось высоко достоверное увеличение энтропии на всем протяжении процесса обучения медитации от первой серии к последней ($P < 0{,}0001$). Следует подчеркнуть, что этот процесс сопровождался значимым уменьшением энтропии фоновой ЭЭГ после медитации (значимость различий ($P < 0{,}001$).

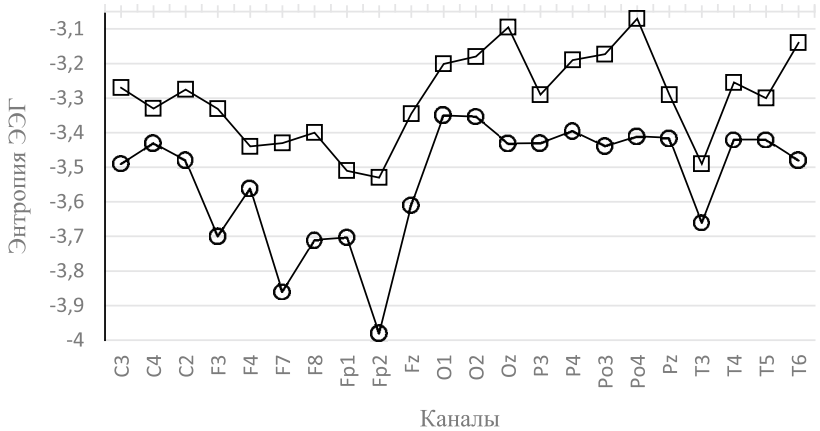


Рис. 1. Энтропия фоновой ЭЭГ до медитации (квадратные маркеры) и после медитации (круглые маркеры) для испытуемого 1

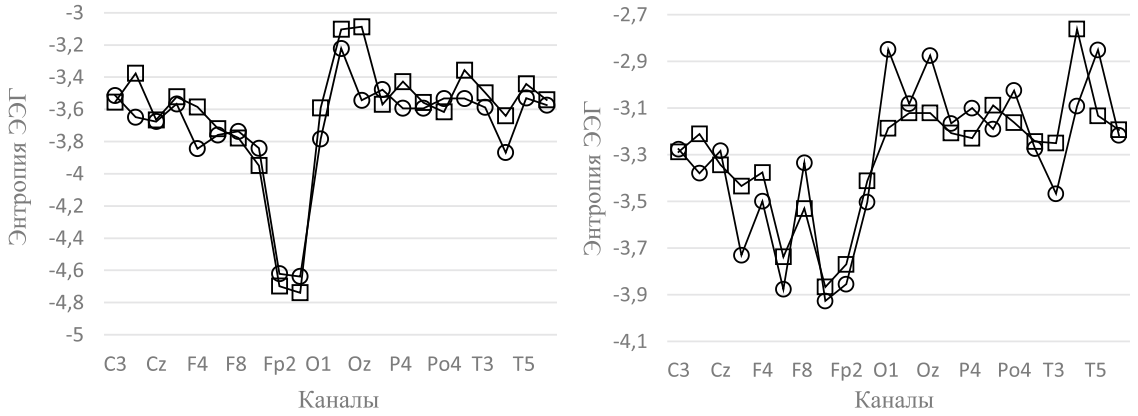


Рис. 2. Показатели энтропии фоновой ЭЭГ до (квадратные маркеры) и после (круглые маркеры) медитации для испытуемого 2 (слева) и испытуемого 3 (справа)

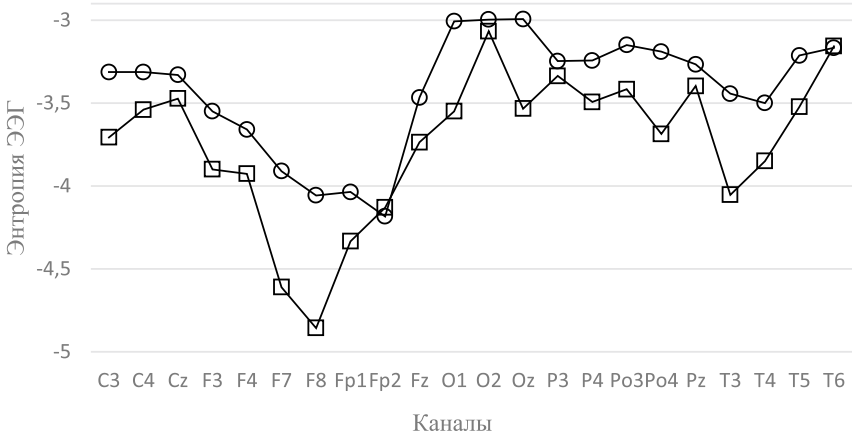


Рис. 3. Показатели энтропии фоновой ЭЭГ до медитации (квадратные маркеры) и после (круглые маркеры) для испытуемого 4

Одна из проблем, возникающих при интерпретации полученных результатов, связана с отсутствием объективных показателей, характеризующих успешность медитации. Приведем цитату из классической современной работы по практике медитации дзен «Сознание дзен, сознание начинающего»: «Строго говоря, любое прилагаемое нами усилие не способствует практике, ибо оно порождает волны в нашем сознании. Однако невозможно добиться спокойствия нашего сознания, не прилагая никаких усилий. Нам необходимо прилагать определенные усилия, но, делая это, мы должны забывать себя. В этой сфере нет ни субъективного, ни объективного. Наше сознание просто пребывает в спокойствии и даже лишено всякого самосознания. В таком отсутствии самосознания исчезает любое усилие, любая идея или мысль. Поэтому так важно ободрять себя и не прекращать усилий до самого последнего мгновения, когда исчезает всякое усилие. Следует удерживать сознание на дыхании до тех пор, пока вы не перестанете сознавать свое дыхание» [9, с. 41].

Среди четырех испытуемых лишь у одного (испытуемый 4), судя по данным энтропии ЭЭГ при медитации, на протяжении всего периода обучения наблюдалось увеличение отрицательных значений энтропии. У испытуемого 1 энтропия возрастала к третьей серии, а затем начинала уменьшаться вплоть до последнего сеанса медитации. Анализ данных энтропии ЭЭГ при медитации позволяет предположить, что в случае успешной медитации происходит увеличение отрицательных значений энтропии. Справедливость положения, что медитация дзадзен должна приводить к увеличению энтропии, подтверждается представлением адептов дзадзен о том, к какому результату должна приводить медитация. «Недвижимый» или «неподвижный» ум –

это не застывший и фиксированный, или непередвигаемый, как дерево или скала, ум. Напротив, неподвижный ум есть ум, который не зафиксирован нигде, который не останавливается и не остается ни в одном месте. Этот ум всегда в движении, потому что он не остановился или не ухватился за что-либо. Вот что означает иметь «неподвижный» ум.

о наличии эффекта нейропластичности. Можно сделать предположение, что это происходит из-за того, что при переключении на фоновое состояние мозг возвращается к своему итоговому состоянию сниженной энтропии.

Возможно, этот факт является следствием малой продолжительности занятия медитацией и в случае опытного медитатора

Рис. 4. Разница энтропии фоновой ЭЭГ до (квадратные маркеры) и после (круглые маркеры) медитации, соответствующая увеличению (левые графики) и снижению (правые графики) энтропии ЭЭГ при медитации (таблица). Значимость различий слева $P < 0,05$, справа $P < 0,001$. Испытуемый 1

При рассмотрении результатов испытуемых 1 и 4 возникает некий вопрос, состоящий в том, что у них после медитации энтропия фоновой ЭЭГ обнаруживает разную направленность: в первом случае она возрастает, а во втором – падает. Однако анализ динамики энтропии при медитации у испытуемого 1 показывает вначале увеличение энтропии, а затем ее падение (таблица). Мы осуществили сопоставление энтропии фоновой ЭЭГ до и после медитации раздельно для случая, соответствующего увеличению энтропии ЭЭГ при медитации и для второй половины, когда наблюдалось падение энтропии. Полученные данные приведены на рис. 4. Действительно, в случае увеличения энтропии ЭЭГ при медитации наблюдается снижение энтропии в фоновых условиях. Итак, получается, что при увеличении энтропии ЭЭГ в ходе медитации энтропия фоновой ЭЭГ после медитации значимо уменьшается по сравнению с энтропией фоновой ЭЭГ до медитации. И наоборот, если энтропия в результате медитации уменьшается, то энтропия фоновой ЭЭГ после медитации возрастает. Как можно объяснить этот результат? В первую очередь мы должны сделать вывод, что показатели фоновой ЭЭГ после медитации значимо снижаются, что свидетельствует энтропия фоновой ЭЭГ будет иметь большие значения. Что же касается обратного эффекта, его достаточно трудно интерпретировать, за тем исключением, что у испытуемого 1 в процессе обучения медитации меняется знак энтропии в сторону уменьшения, и поэтому трудно интерпретировать такой результат как успешное обучение.

Заключение

Итак, резюмировать полученные результаты можно следующим образом.

У испытуемого 2 отсутствие изменений энтропии ЭЭГ между последовательными медитациями сопровождалось отсутствием значимых различий в показателях энтропии фоновой ЭЭГ. С другой стороны, у испытуемого 3 значимые различия в показателях энтропии ЭЭГ в последовательных сериях медитации не сопровождались наличием достоверных различий в показателях энтропии фоновых ЭЭГ. Однако результаты, полученные у двух испытуемых (1 и 4), выявили значимое влияние обучения медитации на характеристики энтропии фоновой ЭЭГ, что можно рассматривать как свидетельство нейропластических изменений.

Работа поддержана Российским Фондом Фундаментальных Исследований (РФФИ) № 19-07-00337.

Список литературы

1. Davidson R.J., Kabat-Zinn J., Schumacher J., Rosenkranz M., Muller D., Santorelli S.F., Urbanowski F., Harrington A., Bonus K., Sheridan J.F. Alterations in Brain and Immune Function Produced by Mindfulness Meditation. Psychosomatic Medicine. 2003. Vol. 65. No. 4. P. 564–570.

2. Davidson R.J., Kaszniak A.W. Conceptual and Methodological Issues in Research on Mindfulness and Meditation. American Psychologist. 2015. Vol. 70. No. 7. P. 581–592.

3. Davidson R.J., Cortland J.D. Outstanding Challenges in Scientific Research on Mindfulness and Meditation. Perspectives on Psychological Science. 2017. Vol. 13. No. 1. P. 62–65.

4. Goleman D., Davidson R.J. Altered Traits: Science Reveals How Meditation Changes Your Mind, Brain, and Body. Avery. 2017. 336 p.

5. Liang Z., Wang Y., Sun X., Li D., Voss L.J., Sleigh J.W., Hagihira S., Li X. EEG entropy measures in anesthesia. Front. Comput. Neurosci. 2015. Vol. 9. No. 16. DOI: 10.3389/fncom.2015.00016 (дата обращения 26.10.2020).

6. Немирно А.П., Манило Л.А., Калиниченко А.Н., Волкова С.С. Сравнительный анализ применения различных оценок энтропии ЭЭГ-сигнала для распознавания стадий наркоза // Биотехносфера. 2010. № 3. С. 3–10.

7. Manilo L.A., Volkova S.S. Recognition of the deep anesthesia stage from parameters of the approximated entropy of EEG sigral. Pattern recognition and image analysis. 2013. Vol. 23. No. 1. P. 92–97.

8. Vivot R.M., Pallavicin C., Zamberlan F., Vigo D., Tagliazucch E. Meditation Increases the Entropy of Brain Oscillatory Activity. Neuroscience. 2020. Vol. 431. P. 40–51.

9. Hauswald A., Übelacker T., Leske L., Weisz N. What it means to be Zen: Marked modulations of local and interareal synchronization during open monitoring meditation. NeuroImage. 2015. Vol. 108. P. 265–273.

10. Zbilut, J.P., Webber C.L. Embeddings and delays as derived from quantification of recurrence plots. Physics Letters A. 1992. Vol. No. 3–4. P. 199–233.

11. Webber C.L., Marwan Jr.N. (Eds.) Recurrence Quantification Analysis. Theory and Best Practices. Springer. 2015. 210 p.

12. Судзуки С. Сознание дзен, сознание начинающего. Альпина Паблишер, 2016. 162 с.

СТАТЬИ

УДК 504.03:57.081.23:004.9

ПРИМЕНЕНИЕ ГИС (ГЕОИНФОРМАЦИННЫХ СИСТЕМ) В ИСОГД (ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ) ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЖИЗНЕСПОСОБНОГО ГОРОДА

Потапова Е.В., Вологжина С.Ж., Бархатова О.А., Макаров А.А.

ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет», Иркутск, e-mail: e.v.potapova.isu@mail.ru

Жизнеспособность поселения – возможность осуществлять все процессы функционирования в меняющихся и экстремальных условиях, обеспечить население безопасным существованием. Формирование такого поселения важный и комплексный этап преобразования, в том числе для обеспечения безопасности природной среды. Методика, используемая в таких сложных преобразованиях, является важным функциональным моментом оптимизации процесса. Цель исследования – указать высокую значимость использования геоинформационной системы в обеспечении градостроительной деятельности для формирования безопасного жизнеспособного населённого пункта. Основной метод исследования – системный анализ материалов, собранных в полевых условиях, и изучение данных дистанционного зондирования Земли. Были изучены десятки городов России и зарубежья. Полевые описания выполнялись по единой схеме – авторской методике – фрейм-сценарию, состоящему из 4-12 слотов информации – от структурных особенностей объекта до экономических затрат содержания и социальных групп, использующих его. Каждый населённый пункт – это совокупность озеленённых территорий (4 категории и 30 типов), состоящих из компонентов застройки – зданий, сооружений, дорог и т.д. и насаждений. Главной задачей ведения ИСОГД является обеспечение органов государственной власти актуальными и достоверными сведениями, необходимыми для осуществления градостроительной, инвестиционной и иной хозяйственной деятельности, проведения землеустройства. Для этого используется девять ступеней информации, но это неполный объём необходимых материалов для формирования современного города. Считаем, что необходимо значительно расширить область научного описания объектов. Информационная модель объекта в общем виде должна состоять из нескольких частей: основы, структуры, состояния всех элементов, рисков содержания, типов использования, экономических балансов, планов контроля и развития и некоторых других элементов. Только такой подход при создании ИСОГД и использовании ГИС обеспечит полноценное, качественное, обоснованное на долгосрочную перспективу территориальное устойчивое развитие и усиление жизнеспособности поселения.

Ключевые слова: поселения, экологические риски, безопасность, устойчивое развитие, информационные технологии

APPLICATION OF GIS (GEOINFORMATIONAL SYSTEMS) IN ISOGD (INFORMATION SYSTEM FOR SUPPORTING URBAN PLANNING ACTIVITIES) FOR FORMING A VIABLE CITY

Potapova E.V., Vologzhina S.Zh., Barkhatova O.A., Makarov A.A.

Irkutsk State University, Irkutsk, e-mail: e.v.potapova.isu@mail.ru

Formation of settlement's viability is an important and complex stage of transformation, including ensuring the safety of the natural environment. The methodology used in such complex transformations is an important functional point of process optimization. The purpose of the study is to point out the high importance of using a geoinformation system in providing urban planning activities for the formation of a safe viable settlement. The main research method is system analysis of materials collected in the field and study of remote sensing data. Dozens of cities in Russia and abroad have been studied. Field descriptions were carried out according to the unified scheme – author's method – frame, consisting of 4-12 information slots – from structural features of the object to economic costs of maintenance and social groups, using it. Each settlement is a set of green areas, consisting of development components – buildings, structures, roads, etc. and plantings. The main task of ISOGD is to provide public authorities with relevant and reliable information necessary for urban planning, investment and other economic activities, land management. For this purpose, nine stages of information is used. We believe that it is necessary to significantly expand the area of scientific description of objects. The information model of an object in general should consist of several parts: basis, structure, condition, maintenance risks, types of use, economic balances, control and development plans. This approach in the creation of IOGD and GIS will ensure full territorial sustainable development and increase the viability of the settlement.

Keywords: settlements, environmental risks, safety, sustainable development, information technologies

Жизнеспособность поселения, как возможность осуществлять все процессы функционирования в меняющихся, и особенно в экстремальных, условиях, обеспечивает население безопасным существованием. Комплект инструментов решения большинства глобальных проблем общественного пространства населённых пунктов уже сейчас весьма значительный и продолжает развиваться. Одним из условий, например,

считается, что здравоохранение должно быть частью городского и территориального планирования [1]. Формирование такого поселения – важный, длительный и комплексный этап преобразования населённых пунктов, и в целом системы расселения Человечества, в том числе для обеспечения безопасности окружающей природной среды, который должен быть учтён при Генеральном планировании развития и Устойчивом развитии региона и страны.

Принятие во внимание всех составляющих сити-логистики, от охраняемых объектов, опасных производств, многотысячных по числу жителей микрорайонов, до мусорных урн, клумб и лавочек, может сделать город действительно жизнеспособным. Таксация проблем, текущих, экстренных и второстепенных планов, перенаправление потоков, формирование здоровой среды, возможность изменять схемы исполнения не должны представлять собой нагромождение колоссального объёма информации. Экономические, социальные и экологические риски устойчивого развития взаимосвязаны, их также необходимо учитывать вместе. Использование ГИС позволяет как разделить все эти процессы в сити-логистике, так и объединить их в единой системе, отражающей необходимые потоки информации, энергии и продукции.

Успешное функционирование информационной системы обеспечения градостроительной деятельности (ИСОГД) – сложнейшая задача, которая может быть решена методами ГИС.

Актуальность обобщённых материалов статьи определяется четырьмя векторами современных тенденций глобального развития:

1. Большая часть населения Земли – жители крупных мегаполисов [2].

2. Именно крупные населённые пункты испытывают большую часть экономических, социальных и экологических рисков.

3. Формирование поселений должно идти с учётом создания доступной среды для маломобильных (инвалидов, пожилых людей, родителей с колясками и детьми) и малообеспеченных граждан.

4. Научно обоснованное развитие таких программ, как «Хабитат» (ООН), «Программа профилирования жизнеспособности городов» (ООН), «Здоровые города» (ВОЗ), позволит сохранить в безопасности человечество и обеспечить его устойчивое развитие [3].

Цель исследования: указать высокую значимость использования геоинформационной системы в обеспечении градостроительной деятельности для формирования безопасного жизнеспособного населённого пункта.

Материалы и методы исследования

Основным методом исследования следует считать системный анализ материалов, собранных в полевых условиях, и изучение данных дистанционного зондирования Земли. Были изучены десятки городов России и зарубежья. От мегаполисов – Москва, Стамбул, Бангкок и т.д. до небольших городов – Меленки, Муром, Ангарск, Шелехов и др. Выявлены особенности Парижа, Берлина, Амстердама, Екатеринбурга, Красноярска, Братска и др.

Проведена оценка состояния озеленённых территорий в четырёх категориях и 30 типах:

1) общего пользования (7 типов) – городские леса; парки; скверы, рощи, сады; бульвары; аллеи; при административных, общественных объектах; стадионы;

2) ограниченного пользования (5 типов) – территории образовательных учреждений; территории учреждений здравоохранения; в пределах жилой каменной многоквартирной застройки; частного сектора, коттеджей, садоводств; территории культовых объектов, храмов;

3) специального назначения (14 типов) – санитарно-защитные зоны и промплощадки предприятий; кладбища и их СЗЗ; СЗЗ речных и морских портов, СЗЗ аэропортов; водоохранные зоны водотоков (рек и ручьёв); водоохранные зоны водоёмов (морей, озёр и водохранилищ); насаждения при автомобильных дорогах; при железных дорогах; санитарные разрывы ЛЭП; санитарные разрывы при трубопроводах; особо охраняемые природные территории; курорты; тепличные хозяйства, оранжереи, питомники; насаждения режимных, закрытых объектов;

4) резервные территории (4 типа) – неудобья; пустыри; площадки для сбора мусора; гаражи.

Все собранные и обобщённые материалы могут стать основой баз данных по каждому изученному объекту и служить основой для определения общих черт и направлений усиления жизнеспособности.

В полевых условиях каждый объект озеленения описывался по авторской методике – фрейм-сценарию, состоящему из 4–12 слотов, в зависимости от сложности структуры объекта [4]. Самый короткий вариант выглядит следующим образом.

Статистический
объектно-ориентированный
оценочный сценарий работы на объекте

Слот 1. Типизация объекта исследования предусматривает определение катего-

рии, типа озеленённой территории, необходимых для выбора конкретного сценария.

I. Категория озеленённой территории (три градостроительные категории).

Слот 2. Структура озеленённой территории. Для площадных объектов оформление оценочной эколого-морфометрической схемы участка с указанием «основных/ необходимых цифр» с I по XVII.

II. Первичная компонентно-организационная структура 1.

Вторичная эколого-ценотическая структура 2.

III. Показатели состояния почвы.

IV. Класс гемеробности.

V. Антропогенная нагрузка.

VI. Указать риски, факторы, по возможности составить ведомость дефектов.

Слот 3. Таблица анализа (зависит от типа озеленённой территории).

VII. Привлекательность объекта.

Слот 4. Дополнительные бланки.

VIII. Геоботаническое описание.

IX. Ведомость описания деревьев.

X. Дополнения (оценочные таблицы состояния; любые сведения, например по динамике или наличию исследований в другое время, другим автором).

Слот 5. Социальные показатели.

XI. Рекреационное использование.

XII. Мероприятия.

XIII. Социальные группы.

Слот 6. Экономические показатели.

XIV. Цена содержания объекта.

XVI. Цена устойчивого развития, реконструкции, замены, усиления жизнеспособности.

Слот 7. Контроль.

XVII. График.

Данные дистанционного зондирования Земли использовались для корректировки полевых материалов и для общей оценки объектов большой площади и протяжённости.

Результаты исследования и их обсуждение

Эффективное планирование территориального развития – это большая ответственность перед будущими поколениями, плохо продуманная пространственная организация, без соответствующего научного обоснования наносит территории огромный ущерб, формируя дополнительные риски различного характера.

Создаваемые и эксплуатируемые, как в соответствии с требованиями Градостроительного кодекса, так и в другой форме, информационные системы, содержащие сведения, документы, материалы о развитии территорий, её застройке, о существующих и планируемых к размещению объектах строительства и иные необходимые для осуществления градостроительной деятельности сведения, безусловно, могут быть не только государственными, но и созданными научным сообществом [5]. Их использование и альтернативные варианты оптимизируют сити-логистику.

При планировании территориального развития необходим учёт, с возможностью анализа всех влияющих факторов: число и плотность населения и его экономический статус, плотность застройки, экологическая ситуация поселения, окружения и региона, транспортная доступность и сеть, пространственное распределение объектов, инженерных коммуникаций и т.д.

Каждый населённый пункт – это совокупность озеленённых территорий, состоящих из компонентов застройки – зданий, сооружений, дорог и т.д. и насаждений. Пропорцию между этими двумя составляющими для каждого типа необходимо утвердить законодательно.

Объектом ГИС для ИСОГД может быть как весь населённый пункт (в заключении создания именно так и должно быть), так и микрорайон или отдельный градостроительный элемент – озеленённая территория. Главной задачей ведения ИСОГД на сегодня является обеспечение органов государственной власти, местного самоуправления, юридических и физических лиц актуальными и достоверными сведениями, необходимыми для осуществления градостроительной, инвестиционной и иной хозяйственной деятельности, проведения землеустройства. Приходится указать, что учёт современных мировых трендов развития городов фактически не учитывается. Фактически не отражается низкая обеспеченность насаждениями при общемировых задачах достичь уже к 2030 г. и раньше не менее чем 30 м^2 на каждого жителя, при средних общероссийских около 10 м^2, проходимость дорог и улиц для пешеходов, обеспеченность велодорожками, расстояние между домами и их высотность, особенно в центральных и исторических частях поселений. Высокие показатели загрязнения атмосферного воздуха, шумовое и световое загрязнение, другие нарушения экологической составляющей структуры населённых пунктов.

Принятыми основными девятью разделами ИСОГД для всей страны указаны: документы территориального планирования РФ в части, касающейся территории муниципальных образований; документы территориального планирования субъекта РФ в части, касающейся территории муниципальных образований; документы

территориального планирования муниципальных образований и материалы по их обоснованию; правила землепользования и застройки, внесение в них изменений; документация по планировке территории муниципального образования; изученность природных и техногенных условий; изъятие и резервирование земельных участков для государственных и муниципальных нужд; застроенные и подлежащие застройке земельные участки; геодезические и топографические материалы [6]. Они представляют собой настолько обобщённый комплект и колоссального объёма, что началом должен быть компьютер, который сможет обрабатывать такую информацию и, как следствие, чрезвычайно медленное исполнение этой программы, отмеченной ещё в 2004 г.

Информационная модель объекта в общем виде (раскрыты лишь часть разделов) должна состоять из нескольких частей.

А. Основа.

1. Участок на публичной кадастровой карте, со всеми атрибутами – межевание, площадь, принадлежность (владелец, распределение ответственности), типизация, и перспективная в том числе.

2. Требования к устойчивому развитию, в контексте увеличения жизнеспособности района и населённого пункта. Нормативно-правовая база для конкретной территории, обоснование использования.

3. Актуальное состояние в виде карты, включающее каждый структурный элемент и его характеристики.

Б. Структура.

4. Здания, с включением в Единый государственный реестр недвижимости.

5. Насаждения, с разбивкой на включенные в кадастр насаждений и не включенные, площади, занятые травянистой растительностью, клумбы и другие элементы озеленения.

6. Другие элементы, разбитые на группы, возможно, с учетом важности или экономической затратности – архитектурные формы, памятники, освещение, урны, лавочки, дороги, проезды, тропинки, в том числе и стихийные, и т.д.

7. Коммуникации, в том числе подземные.

В. Состояние всех элементов на момент создания или сбора информации, определение класса гемеробности, классов состояния насаждений, устаревания зданий и сооружений, планов на замену или ремонт, в том числе аварийный.

Г. Рекреационное использование, выполненное по разным графикам учёта. С определением функциональных зон использования, с отметкой возрастных, социальных и других выявленных групп, а также суточная и сезонная динамика.

Д. Экономический раздел включает современное положение, необходимые вливания и на перспективу развития, в том числе полную смену типа.

Е. Все возможные риски для объекта, с общей классификацией и разделённой на обычное функционирование и во время катастроф, которые также необходимо выявить и оценить.

Ж. Развитие, на краткосрочную, среднесрочную, долгосрочную и по возможности сверхдолгосрочную перспективу, а также на случай катастрофы. Отдельно прописываются все составляющие и их усиление, оптимизация – экономическая, социальная, экологическая и институциональная.

З. Имеющиеся и необходимые заключения, экспертные, государственные, общественные, жалобы, заявления, акты, решения, слушания и др.

И. Контроль развития, графики, ответственные и возможный перевод земель.

Буквы могут соответствовать слоям, вкладкам баз. Совокупность, а главное, строгое структурное соответствие при верном заполнении поможет, например, определить экономическую эффективность или положение в том или ином районе в целом, отметить группы населения, неохваченные или необеспеченные некоторыми составляющими. Каждый раздел выполняется отдельными группами квалифицированных исполнителей.

Безусловно, наибольшую сложность представляют линейные объекты, особенно при существующей переуплотнённой застройке, точечном строительстве, несоблюдении границ объектов и даже необходимых красных линий.

Такой комплекс знаний и охват информации будет способствовать не просто устойчивому развитию, обеспечивающему безопасное существование в границах поселения, но обеспечивать функционирование в моменты катастрофических событий.

Заключение

Для успешного планирования и развития поселения необходим комплексный подход, учитывающий все возможные факторы его сложной среды, разных областей знаний, с рассмотрением их в причинно-следственной взаимосвязи. Поселения, особенно крупные, имеют чрезвычайно сложную структуру и подчиняются значительному числу актуальных программ развития, исполнение которых необходимо контролировать. Программа ИСОГД является тем руководством, а ГИС-технологии –

механизмом, которые должны обобщить все материалы и обеспечить сити-логистику необходимыми данными. Полноценное, качественное, обоснованное на долгосрочную перспективу территориальное развитие – это деятельность по реализации потенциала региона, уменьшение влияния геоэкологических рисков и охрана окружающей природной среды. Общественное пространство способствует формированию культурных, социально-экономических, экологических и политических функций городов. Эти функции сохраняют свое значение как главный элемент, определяющий статус конкретных мест, начиная с хаотичной застройки населенного пункта без осознанной, обоснованной планировки и заканчивая созданием города с репутацией высокой жизнеспособности.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и правительства Иркутской области в рамках научного проекта № 20-45-380032.

Список литературы

1. Методология сбора данных по ключевым показателям эффективности для «умных» устойчивых городов. Издательство ООН-Хабитат, 2019. 127 с.

2. Публикации ООН-Хабитат [Электронный ресурс]. URL: http://unhabitat.ru/publications/ (дата обращения: 01.08.2020).

3. ВОЗ. Европейская сеть ВОЗ «Здоровые города». [Электронный ресурс]. URL: https://www.euro.who.int/ru/health-topics/environment-and-health/urban-health/who-european-healthy-cities-network/ (дата обращения: 01.08.2020).

4. Потапова Е.В. Классификация озеленённых территорий поселений. // Успехи современного естествознания. 2016. № 9. С. 72–76.

5. О Концепции перехода Российской Федерации к устойчивому развитию. [Электронный ресурс]. URL: http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&firstDoc=1&lastDoc=1&nd=102040449/ (дата обращения: 01.08.2020).

6. Тарарин А.М., Карандеева М.В., Сухарева О.А. Информационное обеспечение градостроительной деятельности: учебное пособие. Нижний Новгород, 2013. 92 с.

СТАТЬИ

УДК 613.6

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ГИГИЕНИЧЕСКИХ КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ РИСКА ЗДОРОВЬЮ РАБОТНИКОВ ПЫЛЕВЫХ ПРОФЕССИЙ

[1]Егорова А.М., [1]Луценко Л.А., [2]Федорович Г.В., [1]Сухова А.В.

[1]ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, Мытищи, e-mail: egorovaam@fferisman.ru;

[2]ООО «НТМ-защита», Москва

Пылевой фактор сохраняет приоритетное значение среди факторов риска здоровью работников пылевых профессий, занятых в ведущих отраслях промышленности. Высокий уровень профессиональных и производственно обусловленных заболеваний вследствие интенсивного воздействия пылевого фактора требует применения дополнительных информативных показателей, характеризующих поведение вдыхаемых пылевых частиц на участках дыхательного тракта, для своевременного прогнозирования рисков нарушений здоровья и персонализированного осуществления мер защиты здоровья лиц «пылевых» профессий. Более детальное знание пылевой экспозиции способствует конкретизации степени опасности пылевой нагрузки как этиологического фактора нарушений здоровья работников, имеющих разную степень опасности и вредности условий труда по пылевому фактору. Выполнена систематизация имеющихся материалов по взаимосвязи концентраций аэрозолей, загрязняющих воздух рабочей зоны, с развитием неблагоприятных последствий здоровью работников «пылевых» профессий. Дана оценка способности пылевых частиц, отлагаемых на участках трахеобронхиального дерева, к накоплению, выведению и участию в формировании накопленной массы пыли как информативного показателя при расчете и регулировании пылевой нагрузки в легких работников пылевых профессий. Для уточнения экспозиции вдыхаемой массы пыли рассмотрены особенности поведения пылевых частиц в дыхательном тракте работников «пылевых» профессий; показатели количественной оценки процесса мукоцилиарной очистки легких от частиц различного размера; сформулированы предложения к уточнению критериев гигиенической оценки пылевого фактора с учетом дисперсности вдыхаемых частиц и их поведения в дыхательных путях человека.

Ключевые слова: пыль, профессиональный риск здоровью, гигиеническое нормирование аэрозолей, вдыхаемые фракции, накопленная масса пыли в легочной ткани

IMPROVEMENT OF HYGIENE CRITERIA FOR ASSESSING THE HEALTH RISK OF WORKERS IN DUST PROFESSIONS

[1]Egorova A.M., [1]Lutsenko L.A., [2]Fedorovich G.V., [1]Sukhova A.V.

[1]FBES FSCH named after F.F. Erisman of the Rospotrebnadzor, Mytischi, e-mail: egorovaam@fferisman.ru;

[2]NTM-Zaschita, Moscow

The dust factor remains a priority among health risk factors for dust workers employed in leading industries. The high level of occupational and occupational diseases due to the intensive exposure to the dust factor requires the use of additional informative indicators characterizing the behavior of inhaled dust particles in the respiratory tract, for the timely prediction of the risks of health disorders and the personalized implementation of health protection measures for persons of «dust» professions. A more detailed knowledge of dust exposure contributes to the specification of the degree of danger of dust load as an etiological factor in health disorders of workers with different degrees of hazard and harmfulness of working conditions in terms of the dust factor. The systematization of available materials on the relationship of the concentrations of aerosols that pollute the air of the working area with the development of adverse health effects of workers in the «dusty» professions has been carried out. An assessment is given of the possibility of dust particles deposited in areas of the tracheobronchial tree to accumulate, remove and participate in the formation of the accumulated mass of dust, as an informative indicator for calculating and regulating the dust load in the lungs of workers in dusty professions. To clarify the exposure of the inhaled dust mass, the features of the behavior of dust particles in the respiratory tract of workers in the «dust» professions are considered; indicators of quantitative assessment of the process of mucociliary purification of the lungs from particles of various sizes; proposals have been formulated to clarify the criteria for the hygienic assessment of the dust factor, taking into account the dispersion of inhaled particles and their behavior in the human respiratory tract.

Keywords: dust, occupational health risk, hygienic regulation of aerosols, respirable fractions, accumulated mass of dust in the lung tissue

Профессиональные заболевания от воздействия промышленных аэрозолей занимают одно из ведущих мест в общей структуре профессиональной заболеваемости работающего населения. При этом на долю пневмокониозов вследствие воздействия кремнеземсодержащей пыли приходится 25,87%, хронических пылевых бронхитов – 17,63% [1]. Наиболее неблагоприятные условия труда по пылевому фактору фиксируются у подземных горнорабочих очистных забоев, проходчиков, забойщиков, бурильщиков, скреперистов, машинистов погрузочных и буровых машин и др. [2].

Цель исследования – совершенствование гигиенических критериев опасности воздействия промышленного аэрозоля.

Материалы и методы исследования

Проведен анализ результатов отечественных и международных исследований, связанных с гигиенической оценкой пылевого фактора и изучением его действия на здоровье работающих**.**

Результаты исследования и их обсуждение

В условиях промышленных производств неблагоприятное воздействие аэрозолей на здоровье работников, как правило, оценивают по массовой концентрации пылевых частиц в воздухе рабочей зоны, без дифференциации её по фракционному составу, соответствующему различным областям осаждения твердых пылевых частиц в респираторной системе человека.

Знание только массовой концентрации не обеспечивает выявления соответствующих рисков здоровью работающих и населения, связанных с вдыханием аэрозолей. Так, согласно исследованиям [3], некоторые особенно мелкие вдыхаемые нерастворимые частицы могут быть токсичнее, чем более крупные частицы аналогичного состава. Результаты исследований свидетельствуют, что более информативным показателем воздействия частиц на организм при их вдыхании является не общее число или линейные размеры, а площадь поверхности частиц [3].

В исследовании [4] предложена цифровая анатомическая модель, иллюстрирующая накопление ультрамелких частиц по всей схеме ветвления легкого человека. Численная модель была применена для ультрамелких частиц диаметром от $1 \leq nm \leq 1000$ для различных физических состояний: сна, отдыха и легкой активности. Установлено, что процентное распределение общей скорости потока в правом легком примерно в 1,5 раза выше, чем в левом легком, скорость потока в нижних долях правого и левого легкого выше, чем в других долях. Частицы диаметром ≤ 10 нм осаждаются в трахеобронхиальных дыхательных путях. Напротив, частицы диаметром более 10 нм откладываются на концевых бронхиолах анатомической модели.

В статье [5] проведена оценка токсичности различных источников $PM_{2,5}$: выхлопные газы дизельных и бензиновых двигателей, сжигание биомассы с использованием многокритериального подхода.

Исследование [6] позволило охарактеризовать аэрозоль, образующийся в процессе электродугового и пламенно-термического напыления – полностью субмикронный аэрозоль с фракцией ультрамелких частиц (диаметром <100 нм) 80–95 % в численном выражении. Высокие уровни выбросов были зарегистрированы при электродуговом напылении, в частности с использованием чистого алюминия, и эти значения намного выше, чем, например, при дуговой сварке. Концентрации $>10^8$ частиц (диаметр ≥ 28 нм) $см^{-3}$ были зарегистрированы в вентилируемых кабинах, в которых выполняются операции электродугового напыления. При таких высоких концентрациях частиц (10^8–10^9 $см^{-3}$) аэрозоль очень нестабилен из-за коагуляции.

В исследовании [7] проведена оценка профессионального риска для здоровья, связанного с угольной пылью. Установлено, что концентрация угольной пыли на передаточной башне, самосвале, судовом погрузчике и на площадке для хранения угля была выше, чем на других рабочих местах. 78,6 % постов находились на «недопустимом» уровне профессионального риска.

В статье [8] представлены результаты измерений распределения размеров аэрозолей в диапазоне от нескольких нанометров до 20 мкм в подземных выработках каменноугольной шахты. В исследование были включены практически все частицы вдыхаемой фракции. Результаты показали, что высокая концентрация мелкодисперсных и ультратонких аэрозолей наблюдается на ведущих рабочих местах подземных профессий горнорабочих, особенно во время работы горных машин, хотя их вклад в концентрацию общей массы пыли обычно незначителен.

В статье [9] изучалось воздействие сварочного аэрозоля из нержавеющей стали, содержащего токсичные тяжелые металлы: хром (Cr), марганец (Mn) и никель (Ni). Вблизи зоны дыхания числовое распределение было мультимодальным, находилось в диапазоне 10–30 нм.

Факторами, определяющими опасность воздействия пылевого фактора на здоровье работников пылевых профессий, являются: вещественный состав компонентов, интенсивность воздействия общей массы пыли, витающей в воздухе рабочей зоны, $мг/м^3$; размер частиц (дисперсность), плотность (удельный вес), растворимость, объем дыхания в зависимости от тяжести труда, индивидуальная чувствительность организма [10].

Проведено исследование функционального состояния и профессиональной заболеваемости у рабочих при воздействии

ультрамелких частиц искусственной каменной пыли [11]. Ингаляция высоких доз ультрамелких частиц пыли на рабочих местах (резка и шлифовка плит при производстве кухонных столешниц, ванн и раковин) привела к повышению воспалительных цитокинов у рабочих, высокому проценту развития силикоза при стаже более 20 лет.

При длительном пылевом воздействии малорастворимой пыли защитный механизм слизистой оболочки верхних дыхательных путей (ВДП) ослабевает, что способствует проникновению пылевых частиц – в том числе крупнодисперсной фракции – из верхних дыхательных путей в более глубокие дыхательные пути и легкие [12].

Созданы кривые проникновения и отложения частиц пыли в респираторном тракте человека; фракцию пыли 0,25–0,5 мкм стали считать респирабельной и самой опасной. Для характеристики фракционного состава вдыхаемого аэрозоля введено понятие «вдыхаемая фракция», как массовая доля всех взвешенных в воздухе частиц, которые вдыхаются через нос или рот [13].

В исследовании [14] изучали вдыхаемый кристаллический диоксид кремния, являющийся канцерогеном. Это исследование было проведено среди 236 литейщиков на Тайване. Были созданы модели прогнозирования персонализированного воздействия диоксида кремния. Пробы пыли различных производственных процессов были измерены гравиметрическим методом и проанализированы с использованием метода дифракции рентгеновских лучей. Самые высокие уровни воздействия наблюдались среди рабочих в процессе пескоструйной обработки. Разработанные модели прогнозируемого воздействия вдыхаемой пыли могут быть применены для адекватного прогнозирования уровней вдыхаемой пыли у рабочих небольших литейных производств при выполнении эпидемиологических исследований.

Воздействие вдыхаемых частиц кристаллической двуокиси кремния на рабочем месте происходит во многих отраслях промышленности и может привести к тяжелому осложнению – силикозу. Фагоцитоз кристаллического кремнезема в легких вызывает лизосомное повреждение, активируя инфламмасому и запуская воспалительный каскад с последующим фиброзом [15].

Исследование [16] направлено на изучение профессионального воздействия кристаллической кремнеземной пыли на 22 заводах в Египте, занимающихся различными видами промышленной деятельности, такими как резка камня, изготовление стекла, керамика и пескоструйная обработка. На рабочих участках образцы пыли были отобраны в зоне дыхания работника с помощью персонального насоса для отбора проб и циклона выборочного размера и проанализированы. Результаты показывают, что уровни пылевого воздействия в каждом из промышленных секторов намного выше, чем действующие национальные и международные нормативы, и это приводит к высокому риску рака легких и смертности рабочих.

Основой описания фракционного состава аэрозолей в воздухе послужили теоретические знания статистической теории дробления [17] и разработанная [18] динамическая модель (в виде цепи Маркова), описывающая распределение числа частиц по размерам; исследование процессов осаждения аэрозольных частиц на стенки трахеобронхиального дерева [19].

Предложена модель [20–21], уточняющая механизм очистки трахеобронхиального дерева (ТБД) с использованием двух важнейших показателей: скорости производства и скорости эскалации трахеобронхиального секрета (ТБС) в различных отделах трахеобронхиального дерева. Разработанная модель [20–21] процесса депонирования аэрозольных частиц при периодическом (во время рабочей смены) вдыхании запыленного воздуха позволяет определить количество депонированных частиц в зависимости от величины концентраций аэрозоля в воздухе рабочей зоны, интенсивности легочного воздухообмена, режимов труда и отдыха.

Согласно расчетам [22], для частиц размером более 10 мкм вероятность достичь глубоких отделов легких практически равна нулю, так как в результате инерционного механизма очистки они захватываются в верхних дыхательных путях: трахее, зональных внелегочных бронхах, внутрилегочных субсегментарных бронхах.

В статье [23] представлен метод, основанный на позитронно-эмиссионной томографии, который на реалистичной модели легких человека позволяет получить подробные экспериментальные данные о локальном осаждении аэрозолей. В методе используется конденсационный монодисперсный генератор аэрозолей, модифицированный для безопасного получения радиоактивных аэрозольных частиц, и специальная измерительная установка. Сканирование модели производится на сканере позитронно-эмиссионной томографии – компьютерной томографии. Оценка осаждения аэрозолей основана на анализе объемной радиоактивности в специализированном, но общедоступном программном обеспечении.

Выводы

Полученные результаты позволили конкретизировать степень опасности и вредности условий труда работников по пылевому фактору с целью обоснования более эффективных мер защиты здоровья работников «пылевых» профессий. Показана необходимость исследований дисперсности пылевых частиц воздушной среды, их роли в формировании вредного воздействия пылевого фактора на организм работников пылевых профессий; обоснован выбор площади поверхности депонированных в легких частиц аэрозолей преимущественно фиброгенного действия (АПФД), как возможного показателя, уточняющего информативность результатов расчета пылевой нагрузки при оценке риска воздействия пылевого фактора. Тем самым понятие «пылевая нагрузка» получит важную конкретизацию гигиенически значимых её составляющих. При нормировании пылевой нагрузки и планировании мероприятий по «защите временем» работников «пылевых» профессий необходимо учитывать не только массу пыли во вдыхаемом воздухе, дисперсный состав витающей и вдыхаемой пыли, но и структуру цикла: длительность работы при вдыхании запыленного воздуха и время перерыва между рабочими сменами.

Проблема выбора информативных критериев оценки вредного воздействия пылевых частиц, витающих в воздухе рабочей зоны, на здоровье работающих, остается актуальной задачей и требует реализации более эффективных мер профилактики.

В России метод контроля концентраций аэрозолей преимущественно фиброгенного действия (АПФД) предназначен для определения общей массы витающих в воздухе рабочей зоны пылевых частиц, учитывает класс вредности и/или опасности условий труда по кратности превышения предельно допустимых (максимально разовых и/или среднесменных) концентраций (ПДК) промышленных аэрозолей в воздухе рабочей зоны. Такие показатели позволяют оценить пылевую экспозицию только по суммарной величине воздействия, поскольку основаны на знании среднесменных и/или максимально разовых концентраций, длительности воздействия, расчете величины пылевой нагрузки.

Однако для прогноза вредного воздействия промышленного аэрозоля на здоровье работников «пылевых» профессий информативным будет комплексный учет ряда показателей, включая знание специфики аэрозоля по происхождению, физико-химическому составу, параметрам растворимости в разных диапазонах pH среды и др. Особенно важно знание фракционного состава витающей в воздухе рабочей зоны пыли, расчет её вдыхаемой доли; учет конкретных зон локализации пылевых частиц на определенных участках дыхательных путей человека и их способности к выведению, либо к длительной задержке.

Совершенствование методологии оценки гигиенически значимых характеристик пылевого воздействия позволяет уточнить поведение пылевых частиц в дыхательном тракте работников «пылевых» профессий и оценить особенности формирования накопленной массы пыли в легочной ткани; способствует конкретизации гигиенических критериев опасности и вредности условий труда по пылевому фактору и обоснованию более эффективных мер защиты здоровья работников, занятых при пылеобразующих технологических процессах.

Список литературы

1. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2017 г.: Государственный доклад. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав и благополучия человека, 2018. 268 с.

2. Ткачев В.В. Оценка риска профессиональных заболеваний пылевой этиологии // Профессиональный риск для здоровья работников (Руководство) / Под ред. Н.Ф. Измерова и Э.И. Денисова. М.: Тровант, 2003. 448 с.

3. Brown D.M., Wilson M.R., MacNee, W., Stone V., Donaldson K. Size-dependent proinflammatory effects of ultrafine polystyrene particles: A role for surface area and oxidative stress in the enhanced activity of ultrafines. Toxicology and Applied Pharmacology. 2001. Vol. 175 (3). P. 191–199.

4. Islam M.S., Saha S.C., Sauret E., Gemci T., Yang I.A., Gu Y.T. Ultrafine particle transport and deposition in a large scale 17-generation lung model. J. Biomech. 2017 Nov 7. Vol. 64. P. 16–25. DOI: 10.1016/j.jbiomech.2017.08.028. Epub. 2017 Sep 5. PMID: 28916396.

5. Kim I., Park K., Lee K., Park M., Lim H., Shin H., Kim S.D. Application of various cytotoxic endpoints for the toxicity prioritization of fine dust (PM2.5) sources using a multicriteria decision-making approach. Environ Geochem Health. 2020 Jun. Vol. 42 (6). P. 1775–1788. DOI: 10.1007/s10653-019-00469-2. Epub. 2019 Nov. 16. PMID: 31734831.

6. Bémer D., Régnier R., Subra I., Sutter B., Lecler M.T., Morele Y. Ultrafine particles emitted by flame and electric arc guns for thermal spraying of metals. Ann Occup Hyg. 2010 Aug. Vol. 54(6). P. 607–614. DOI: 10.1093/annhyg/meq052. Epub 2010 Aug 4. PMID: 20685717.

7. Han F., Zhang S., Wu B., Kang N., Chen Y. [Risk assessment of occupational health effect of coal dust in coal wharf]. Wei Sheng Yan Jiu. 2017 Mar. Vol. 46(2). P. 282–290. Chinese. PMID: 29903108.

8. Skubacz K., Wojtecki Ł., Urban P. Aerosol concentration and particle size distributions in underground excavations of a hard coal mine. Int. J. Occup Saf Ergon. 2017 Sep. Vol. 23(3). P. 318–327. DOI: 10.1080/10803548.2016.1198553. Epub. 2016 Jul. 8. PMID: 27309800.

9. Miettinen M., Torvela T., Leskinen J.T. Physicochemical Characterization of Aerosol Generated in the Gas Tungsten Arc Welding of Stainless Steel. Ann Occup Hyg. 2016 Oct. Vol. 60(8). P. 960–968. DOI: 10.1093/annhyg/mew039. Epub. 2016 Jul. 7. PMID: 27390355.

10. Sebastien P., Begin R. Этиопатогенез пневмокониозов // Энциклопедия по безопасности и гигиене труда. М., 2001. Т. 3. С. 190.

11. Ophir N., Bar Shai A., Korenstein R., Kramer M.R., Fireman E. Functional, inflammatory and interstitial impairment due to artificial stone dust ultrafine particles exposure. Occup Environ Med. 2019 Dec. Vol. 76(12). P. 875–879. DOI: 10.1136/oemed-2019-105711. Epub. 2019 Sep. 27. PMID: 31562234; PMCID: PMC6902064.

12. Борисенкова Р.В., Махотин Г.И. Труд и здоровье горнорабочих. М., 2001. 316 с.

13. Всемирная организация здравоохранения. Воздействие взвешенных частиц на здоровье. WHO Regional Office for Europe, 2013.

14. Kuo C.T., Chiu F.F., Bao B.Y., Chang T.Y. Determination and Prediction of Respirable Dust and Crystalline-Free Silica in the Taiwanese Foundry Industry. Int. J. Environ Res Public Health. 2018 Sep. 25. Vol. 15(10):2105. DOI: 10.3390/ijerph15102105. PMID: 30257469; PMCID: PMC6210212.

15. Leung C.C., Yu I.T., Chen W. Silicosis. Lancet. 2012 May 26. Vol. 379(9830). P. 2008–2018. DOI: 10.1016/S0140-6736(12)60235-9. Epub. 2012 Apr. 24. PMID: 22534002.

16. Mohamed S.H., El-Ansary A.L., El-Aziz E.M.A. Determination of crystalline silica in respirable dust upon occupational exposure for Egyptian workers. Ind Health. 2018 Jun. 1. Vol. 56(3). P. 255–263. DOI: 10.2486/indhealth.2016-0192. Epub. 2017 Dec. 2. PMID: 29199263; PMCID: PMC5985465.

17. Колмогоров А.Н. О логарифмически-нормальном законе распределения размеров частиц при дроблении. ДАН СССР. 1941. Т. 31. № 2. С. 99–101.

18. Hori M., Uchida M. Application of the theory of Markov processes to comminuting. P. 1. The case of discrete time parameter // KodaiMath.Sem.Rep. 1967. Vol. 19. P. 174–188.

19. Sanchez-Crespo A. Lung Scintigraphy in the Assessment of Aerosol Deposition and Clearance. Semin Nucl Med. 2019 Jan. Vol. 49 (1). P. 47–57. DOI: 10.1053/j.semnuclmed.2018.10.015. Epub. 2018 Nov. 22. PMID: 30545517.

20. Федорович Г.В. Роль инерционного механизма в процессе очистки воздуха в легких от аэрозольных частиц // Пульмонология. 2013. № 13 (вып. 2). С. 114–118.

21. Федорович Г.В. Модель мукоцилиарной очистки легких // Пульмонология. 2016. № 26 (вып. 2). С. 222–230.

22. Федорович Г.В. Рациональная диагностика профессиональных заболеваний. Saarbrucken, Deutschland: Palmarium Academic Publishing, 2019. 304 p. [Электронный ресурс]. URL: https://my.palmarium-publishing.ru (дата обращения: 23.08.2020).

23. Frantisek Lizal, Miloslav Belka, Jan Adam, Jan Jedelsky, Miroslav Jicha. A method for in vitro regional aerosol deposition measurement in a model of the human tracheobronchial tree by the positron emission tomography. Journal of Engineering in Medicine. 2015. Vol. 229 Issue 10. P. 750–757. DOI: 10.1177/0954411915600005.

ОБЗОРЫ

УДК 616-003.96

НЕРЕШЁННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТКАНЕВОЙ ПЛАЦЕНТАРНОЙ ТЕРАПИИ: ПРОШЛОЕ И БУДУЩЕЕ

[2]Родионов В.В., [1,3]Савицкий А.Г., [2]Журкин А.Г., [2]Жгун С.О.

[1]ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Министерства здравоохранения РФ, Санкт-Петербург, e-mail: agsavitsky@gmail.com;

[2]Медицинский центр ЗАО «Экспресс», Санкт-Петербург;

[3]Научно-экспертный совет при Рабочей группе Совета Федерации ФС РФ по мониторингу реализации законодательства в области энергетики, энергосбережения и повышения энергетической эффективности (Комиссия по энергетике в сфере медицины и здравоохранения)

Одним из популярнейших методов лечения с древних времён является применение различных производных препаратов из плаценты человека. Природа для обеспечения воспроизводства человека создала ценнейший тканевый комплекс, содержащий помимо огромного количества различного вида биологически активных тканей и большое количество гуморальных высокоактивных веществ. В статье представлены результаты исторического и предметного анализа имеющихся данных, в том числе с момента открытия и популяризации метода тканевой терапии академиком В.П. Филатовым по применению при лечении различных заболеваний гидролизата и взвеси плацентарной ткани человека. Показаны основные проблемы оценки действующего начала плацентарных препаратов. Приведены данные об основных клинических эффектах тканевых препаратов. Проведённый анализ доступных в современном информационном поле материалов по тканевой терапии позволяет сделать однозначный вывод – вся история развития научных и клинических исследований известной с древних времён методики лечения и оздоровления субстратами, полученными из животных тканей, особенно плаценты человека, говорит о чрезвычайной эффективности, доступности и безопасности этих методик. Вызовы современности человечеству, которые приходят к нам часто с неожиданной стороны в виде супербактерий или новых видов вирусов (Covid-19), заставляют задуматься о возможности, а точнее, необходимости использования забытых официальной медициной, но от этого не менее востребованных методов терапии и профилактики заболеваний, одним из которых является тканевая терапия.

Ключевые слова: тканевая терапия, тканевые плацентарные препараты

UNSOLVED PROBLEMS IN PLACENTAL TISSUE THERAPY: THE PAST AND THE FUTURE

[2]Rodionov V.V., [1,3]Savitskiy A.G., [2]Zhurkin A.G., [2]Zhgun S.O.

[1]North-West State Medical University named after I.I. Mechnikov of the Ministry of Health of the Russian Federation, St. Petersburg, e-mail: agsavitsky@gmail.com;

[2]Medical Center «Express», St. Petersburg;

[3]Scientific and Expert Council under the Working Group of the Federation Council of the Federal Assembly of the Russian Federation on monitoring the implementation of legislation in the field of energy, energy conservation and energy efficiency (Commission on Energy in the Field of Medicine and Health)

One of the most popular treatments since ancient times is the doctrine of the use of various derivatives of drugs from the human placenta. Nature to ensure human reproduction has created a price-based tissue complex containing, in addition to a huge amount of various types of biologically active tissues, including a large number of humoral highly active substances. The article presents the results of the historical and substantive analysis of the available data, including from the moment of discovery and popularization of the tissue therapy method by academician V.P. Filatov for use in the treatment of various diseases of hydrolysate and suspension of placental human tissue. The main problems of evaluation of the current onset of placental preparations are shown. Data on the main clinical effects of tissue preparations are given. the analysis of tissue therapy materials available in the modern information field allows us to draw an unambiguous conclusion – the entire history of the development of scientific and clinical research, known since ancient times for the treatment and recovery of substrates obtained from animal tissues and, especially, the human placenta, speaks of the extreme effectiveness, accessibility and safety of these methods. The challenges of modernity to humanity, which often come to us from the unexpected side in the form of superbacteria or new types of viruses (Covid-19), make us think about the possibility, or rather, the need, of using the formal medicine, but from this no less sought-after methods of therapy and prevention of diseases, which is tissue therapy.

Keywords: tissue therapy, tissue placental drugs

Развитие человечества всегда сопровождалось наблюдениями за возникновением и течением различных отклонений от физиологических норм функционирования человеческого организма (понятий, возникших в то же время). Совершенно естественными были попытки устранения этих отклонений, которые сначала привели к появлению врачевателей, а в дальнейшем дали толчок развитию научной медицины.

Её развитие в те времена ещё не находилось под жёстким контролем и давлением преимущественно материально ориентированных посредников – административной медицинской и фармацевтической бюрократии, в документах которой периодически с давних пор и по сей день тонут весьма прогрессивные идеи и высокоэффективные методы лечения в результате лоббирования в большей своей части выгодных финансовых проектов. Но, пока не сложилась подобная ситуация, если вернуться к истокам фармакопеи, то простое и понятное физиологическое желание избавиться от страданий уже в древние времена естественным образом приводило к выбору *наиболее эффективных и доступных действенных средств*, реально облегчающих страдания людей и ощутимо улучшающих качество их жизни. Одним из популярнейших методов лечения с древних времён является учение о применении препаратов, представляющих собой различные производные плаценты человека. Природа для обеспечения воспроизводства человека создала ценнейший тканевый комплекс, содержащий помимо огромного количества различного вида биологически активных тканей и большое количество гуморальных высокоактивных веществ. Полный состав и характер взаимодействия всех этих компонентов плаценты человека окончательно не изучены до сих пор, но вся история использования её тканей для врачевания говорит о достоверной высокой эффективности их применения при разных вариантах патологии, особенно в качестве оздоровительного средства. Наблюдения за животными, которые поедают свои последы после родов, уже давно, по аналогии, привели к созданию различных вариантов использования плаценты древними народами. Некоторые цивилизации ввели культуру поедания плаценты родильницами для восстановления сил после родов и улучшения лактации, а в Китае была традиция использования плаценты в пищу всеми членами семьи родильницы. Особенно ценным считался отвар из плаценты для лечения больных, для этого в ряде случаев её высушивали и затем использовали при необходимости как лекарственное средство. В Китае, в связи с высокой эффективностью препаратов плаценты при лечении и оздоровлении, человеческий послед романтично называли «лодкой на фиолетовой реке», на которой ребёнок приплывает в наш мир. В эпоху Мэй существовал сборник лекарственных средств «Хон со комоку», в котором плацента была отнесена к препаратам самого высокого класса эффективности. Первые императоры эпохи Со высоко ценили её как вещество, дающее неувядающее долголетие. Культура использования препаратов из плаценты человека бытует в странах Востока и поныне, и её история составляет уже более 2500 лет. В качестве отвлечения хочется напомнить полушутливые эссе, где упоминается о длительной молодости акушеров. Этот факт, имеющий на самом деле вполне реальные основания, приписывается духовной составляющей профессии родовспоможения, но может иметь сугубо материальные корни в связи с тем, что по окончании родов врач и акушерка часто имеют прямой контакт с плацентой. Таким образом, оценить реальное значение тканевой терапии, в том числе и базирующейся на препаратах плаценты человека, является *целью данного исследования*. Соответственно сложившейся ситуации, а именно, определённой степени забвения и потери интереса к данной теме, наши методы анализа в большей степени носят вынужденно ретроспективный, даже исторический, *методологический характер*.

Впервые с научной точки зрения лечебные свойствах ткани плаценты описаны в 1030 г. н. э. в медицинских трудах арабского философа, естествоиспытателя и врачевателя Авиценны. Подход Ибн Сины к изучению здоровья и болезни в корне отличался от подходов его предшественников. Великий учёный считал, что нужно изучать здоровье здорового, то есть искать ответ на вопрос, почему человек здоров. *Главное – сохранить здоровье, а не бороться с болезнями*. Эти старые идеи диалектически возвращаются к нам сейчас в новых формулировках демографических проблем и вопросов сохранения здоровья нации, но суть их остаётся прежней – сохранить здоровье легче и дешевле, а главное, эффективнее, чем создавать при рождении и лечить целые популяции больных членов общества. К сожалению, смутные времена, не позволившие развивать эти идеи, длились почти тысячу лет и только в начале прошлого века уже официальное открытие В.П. Филатова дало в руки врачам уникальный метод тканевой терапии, высокоэффективный инструмент по восстановлению здоровья [1]. Уникальные работы В.П. Филатова позволили вновь открыть лечебные свойства плаценты и по-другому взглянуть на эту фантастическую по своим свойствам ткань.

Естественно, что открытия не возникают на пустом месте и невозможно в одиночку решить все возникающие при этом проблемы – их решению способствуют параллельные исследования, которые проводят не менее яркие конкуренты и соратники, что происходило и в нашем случае.

Официальным годом появления тканевой терапии в мире считается 1933 год, когда наука вновь стала одной из основ развития государственности.

В то же время патофизиолог, академик ВАСХНИЛ М.П. Тушнов создаёт учение о гистолизатах (гистолизаты Тушнова), исходя из которого можно было заключить, что высокомолекулярные продукты расщепления клеток различных тканей и органов, постоянно образующиеся в процессе жизнедеятельности организма и обмена веществ, оказывают на этот организм большое и позитивное влияние [2]. Каждому органу и каждой ткани свойственны свои особенные белки, определяющие в конечном счёте их специфическую функцию. Специфичность тканевых белков уменьшается по мере их выделения из ткани и дальнейшего расщепления. Так, по Тушнову, аминокислоты не специфичны, в то же время полипептиды в значительной мере сохраняют свою специфичность [3].

Профессор Ю.А. Ратнер определял бактерицидные, ранозаживляющие свойства сальника, помещённого на раневую поверхность [4]. Будущий академик ВАСХНИЛ Н.Г. Беленький исследовал стимулирующие и лечебные свойства кровопускания [5]. Получило значительную популярность изучение лечения путём введения в организм различных белков и лизатов. Далее были исследования кетгута профессором Н.И. Краузе, а также представитель швейцарской школы исследователей Эми́ль Абдерга́льден изучал «оборонительные ферменты», которые, согласно его теории, вырабатываются организмом при попадании в кровяное русло веществ, в норме в крови не встречающихся.

К своему 58-летию В.П. Филатов уже известный и заслуженный специалист и учёный, за плечами которого жизнь, полная достижений – первая в мире пересадка трупной роговицы и Филатовский стебель в пластической хирургии [6]. Талант исследователя и клинициста позволил ему обратить внимание на случаи просветлений бельма вокруг пересаженной роговицы, также было отмечено, что происходит такое же просветление бельма на соседнем глазу, который не подвергался пересадке роговицы. При этом выяснилось, что обработанная холодом роговица обладала в подобных случаях наиболее выраженными лечебными эффектами. Предположив, что в тканях, подвергнувшихся воздействию холода, появляются особые вещества, стимулирующие защитные и регенеративные свойства организма, Филатов стал использовать такие кусочки роговицы, помещённые на конъюнктиву поражённого глаза, для лечения различных заболеваний глаз. Также была осуществлена пересадка трупной кожи, консервированной на холоде, больной с тяжёлой застарелой волчанкой – зафиксировано полное выздоровление женщины. Этот случай позволил выйти за пределы офтальмологии и сформулировать основной постулат тканевой терапии – *учение о биогенных стимуляторах* [7].

Всякая живая ткань, сохраняемая в условиях, затрудняющих её существование, подвергается биохимической перестройке с образованием стимуляторов, повышающих обмен веществ в ней. Будучи введёнными в какой-либо организм, эти стимуляторы повышают обмен веществ его тканей, что и способствует усилению его физиологических функций и оздоровлению этого организма [7, 8].

Таким фактором стимулирующего воздействия для животных тканей была выбрана температура 2–4 °С. И вновь талант клинициста не подвёл Филатова, направившего исследования не на углубление теории, а на расширение исследований, используя уже полученные достоверные результаты. Для лечения стали применяться тканевые материалы ауто-, гомо- и гетерогенного происхождения, при этом использовались: роговица, склера, брюшина, плацента, нервы, мозг, селезёнка, яичко, мышечная ткань, листья алое. Препараты применялись в виде пересадок, имплантаций, присыпок, инъекций, клизм, глазных капель и примочек. На начальном этапе набора исследовательского материала тканевые препараты не подвергались стерилизации, поэтому подбор донора имел главенствующее значение, а экстракт подвергался пастеризации. Дальнейшие опыты показали, что тканевые препараты возможно подвергать достаточно жёстким вариантам стерилизации – они выдерживают до четырёх часовых последовательных автоклавирований при 120 °С, при этом сохраняя свою эффективность.

Возможность стерилизации тканевых материалов, экстрактов и биосубстратов позволила создавать стабильные тканевые препараты, совершенно безопасные для пациента, что благоприятно повлияло на распространение метода. Одновременно с экспериментальными исследованиями действия тканевых препаратов при различных заболеваниях шёл поиск действующего начала, фактически предпринимались попытки выделить биогенные стимуляторы в чистом виде [9]. Но здесь исследовательские работы зашли в тупик, и выделить их не удаётся по настоящее время.

При удалении из экстрактов белков их активность сохраняется, а при разбавлении фильтрованных экстрактов их действие ослабевает – то есть от концентрации напрямую зависит сила действия тканевых препаратов.

Работа В.П. Филатова по созданию метода тканевой терапии была удостоена Сталинской премии первой степени в 1941 г. [1]. Применение метода тканевой терапии практически по всему спектру нозологий, встречающихся у людей, позволило сформулировать некие общие закономерности лечения и выявить наиболее устойчивые клинические эффекты, среди которых подтверждены следующие:

– безусловный обезболивающий эффект позволяет назначать тканевую терапию при любых хронических заболеваниях с выраженным болевым синдромом, при различных болях неясной этиологии и мигренях, плохо поддающихся стандартной терапии;

– потенцирование действия лекарственных средств, витаминов с одновременным снижением их побочных действий;

– гепатопротекторное действие, защита и восстановление печени при интоксикациях, при лечении хронического вирусного гепатита, алкогольных и неалкогольных гепатитах, циррозах и фиброзах печени;

– иммуностимулирующий и иммуномодулирующий эффект с десенсибилизирующим действием;

– мощное рассасывающее действие (спаечные процессы различного происхождения, келоидные рубцы и контрактуры, катаракта, последствия инсульта, инфаркта и др.);

– различные кожные заболевания и болезни с кожными проявлениями (нейроаллергодерматозы);

– профилактика и лечение облитерирующего эндартериита;

– восстановление и улучшение обмена веществ;

– повышение сексуальной активности и восстановление фертильности;

– избавление от климактерических проявлений у женщин и мужчин;

– стимуляция регенеративной активности.

При этом чем раньше от начала заболевания начиналось лечение по методу В.П. Филатова, тем сильнее был выражен эффект от тканевой терапии и тем более заметен на клиническом уровне. В годы Великой Отечественной войны тканевая терапия широко применялась в тыловых госпиталях для возвращения в строй раненых бойцов и командиров Красной Армии. В периоды обескровливающих страну боёв тканевая терапия вернула в строй и поставила на ноги тысячи и тысячи раненых на полях сражений. Не прекращалась и научная деятельность в области исследования эффектов тканевой терапии, было опубликовано 97 научных работ по данной тематике.

Учитывая практически феноменальные лечебные эффекты тканевой терапии, интерес к ней после войны только возрос и вновь был поднят вопрос о её специфичности. В ноябре 1947 г. тканевая терапия вошла в список республиканских проблем, строго рекомендуемых к разработке и изучению Минздравом СССР. С 1948 г. начала работу специально организованная проблемная комиссия по тканевой терапии при медицинском учёном совете Минздрава СССР. Параллельно основным работам В.П. Филатов вёл научный спор с врачом-новатором Г.Е. Румянцевым, который отстаивал специфичность действия тканевой терапии, опираясь на свой большой опыт применения животной гетерогенной ткани в целях стимуляции организма человека в лечении некоторых заболеваний. В результате Министром здравоохранения СССР был издан приказ от 26 июня 1950 г. № 524, в котором врачу станицы Богаевской Г.Е. Румянцеву разрешалось применять видоизменённый метод тканевой терапии академика В.П. Филатова, который он с большим успехом и стал использовать при терапии ряда серьёзных заболеваний. По приказам Министра здравоохранения СССР в 1949 г. проводились углублённые клинические испытания метода тканевой терапии по способу врача-новатора Г.Е. Румянцева в разных научно-клинических учреждениях г. Москвы: Центральном институте травматологии и ортопедии; в Институте имени А.В. Вишневского АМН СССР; в Институте терапии АМН СССР; в Хирургической клинике 2-го ММИ (директор проф. В.С. Левит); в Клинической больнице № 23 им. Медсантруд; в Институте им. Н.В. Склифосовского; в Центральном институте курортологии; в Клинике госпитальной терапии им. А.А. Остроумова; в костно-суставном туберкулезном санатории «Красная Роза» и других. Эти углублённые клинические испытания, проведённые на десятках и сотнях больных, показали высокую и в чём-то даже преимущественную лечебную эффективность предложенного доктором Г.Е. Румянцевым параллельного способа тканевой терапии [10].

Была разработана временная инструкция по применению тканевой терапии по способу врача Г.Е. Румянцева при следующих заболеваниях: бронхиальной астме; язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки; облитерирующем эндар-

териите; остаточных явлениях после воспалительных процессов и ранений (рубцов, контрактур, инфильтратов, невритов и радикулитов); трофических язвах и длительно незаживающих ранах. Данный метод стал всё шире и шире использоваться в терапии различных заболеваний, но, несмотря на его популяризацию и уже сложившийся авторитет автора, все же мнение академика, Героя Социалистического труда, лауреата Сталинской премии, директора НИИ стало более значимым. Уже на следующий 1951 г. Минздравом СССР издан приказ № 100 «О широком внедрении тканевой терапии по методу академика В.П. Филатова в лечебно-профилактические учреждения СССР». Была утверждена и разработанная академиком В.П. Филатовым «Инструкция по изготовлению и применению тканевых препаратов для лечения биогенными стимуляторами по методу академика Филатова В.П.» – она была издана большим тиражом [11]. Тем не менее и для продолжения работы врача-новатора Г.Е. Румянцева в Ростове-на-Дону продолжала функционировать открытая в 1950 г., специализированная клиника тканевой терапии на 50 коек. В 1951 г. только в РСФСР насчитывалось 106 пунктов применения тканевой терапии, где проводились подсадки (имплантации) и при этом *применение методик тканевой терапии в Советском Союзе поддерживалось государством!* [1, 11].

Интересен один факт международного сотрудничества. В 1946 г. по личной просьбе японского правительства группа японских учёных была допущена к работам академика В.П. Филатова. После жесточайших американских атомных бомбардировок Япония нуждалась в средствах лечения и профилактики последствий радиационного поражения. Такими свойствами, как выяснилось, *обладали плацентарные экстракты, полученные по методу академика Филатова*. В 1953 г., когда первая группа учёных вернулась в Японию, для них *сразу был организован и открыт институт тканевой терапии*. В 1956 г. был зарегистрирован препарат гидролизата плаценты человека *Мэлсмон*. Вторая группа учёных, которая занималась разработкой тех же проблем, несколько позже в том же 1956 г. создала свой препарат, который получил название *Лаеннек*. Эти препараты до сих пор активно применяются при лечении различных заболеваний, а также как общеукрепляющее и косметическое средство.

После смерти В.П. Филатова в 1956 г. Институт глазных болезней и тканевой терапии им. В.П. Филатова возглавила его ученица Н.А. Пучковская. В институте существовали три лаборатории: новых проблем, производства тканевых препаратов, биогенных стимуляторов. В 1958 г. они были объединены в лабораторию химии и фармакологии тканевых препаратов. В лаборатории были изучены и предложены для практического здравоохранения и народного хозяйства такие тканевые препараты, как водный экстракт алоэ (для инъекций и приёма внутрь), сухой экстракт и таблетки алоэ, экстракт и взвесь плаценты, ФиБС, торфот, гуминат (инъекционная и таблетированная формы) и др. Профильный статус института позволял задавать все направления развития тканевой терапии в нашей стране. Велась большая исследовательская и научная деятельность по изучению тканевых препаратов, их свойств, методик применения, их промышленного выпуска, проводились съезды и конференции, в том числе международные. Совместно с НИИ геронтологии АМН СССР большое внимание уделялось эффективности метода тканевой терапии в гериатрической практике. Было закончено и оформлено большое десятилетнее исследование о влиянии плацентарных препаратов на стареющий организм. Совместно с В/О Медэкспорт было произведено внедрение в практику препарата взвеси плацентарной ткани и даже производился его экспорт. Успешно были начаты масштабные исследования применения тканевой терапии при онкологических заболеваниях.

В результате выяснилось, что *тканевая терапия препаратами плацентарной ткани задерживает процесс метастазирования и рецидивирования опухоли после её оперативного удаления, существенно улучшает качество жизни больного* [12].

Лечение пациентов с деструктивным туберкулёзом лёгких во все времена представляло определённые сложности. Антибактериальная терапия в сочетании с последовательным применением гормонов и тканевых препаратов даёт результат со значительными улучшениями в 95 % случаев. При этом комбинация стандартного лечения с тканевой терапией демонстрирует значительное, по сравнению со стандартным, снижение уровня фиброзной тяжистости при формировании остаточных изменений лёгких и увеличение стойкости результатов лечения [12, 13].

Больших успехов удалось достигнуть в отработке методов тканевой терапии в клинической практике. Тканевая терапия родилась из практики пересадки роговицы в офтальмологии и её методы, применяемые при лечении глазных болезней, позволили достичь здесь большого прогресса [14]. В НИИ им академика В.П. Филатова

были созданы индивидуальные методики лечения заболеваний роговой оболочки, сосудистого тракта, сетчатки и зрительного нерва, его атрофии и неврита, тромбоэмболических заболеваний, глаукомы, туберкулёза глаза, близорукости, различных травм глаз [15].

Даже при поверхностной оценке результатов работы института становится, удивительно, что лечение заболеваний сосудов нижних конечностей (перемежающая хромота, облитерирующий эндартериит и т.д.) может быть значительно более эффективным с применением метода академика Филатова. Поражает отсутствие интереса официальных медицинских структур к таким фактам, что даже при заболеваниях IV стадии (по А.В. Покровскому, 1976 г.) в половине случаев при помощи тканевых препаратов удавалось излечить пациентов. На фоне терапии быстро исчезает болевой синдром, обнаруживается, что скорость вазопролиферации и количество возникающих коллатеральных сосудов значительно выше при применении тканевых препаратов [16, 17]. Влияние тканевых средств на соединительную ткань организма просто уникально – рубцовые поражения и спаечные процессы брюшной полости и малого таза подвергаются деградации практически с первых курсов, а контрактура Дюпюитрена корректируется без хирургического вмешательства [8, 18]. Также применение взвеси плацентарной ткани успешно противостоит атеросклерозу сосудов сердца и головного мозга [19, 20]. Бесценна тканевая терапия в гинекологии – применение экстракта и взвеси плаценты при острых, подострых и хронических воспалениях наружных и внутренних гениталий женщин быстро приводит к клиническим улучшениям, восстановлению трудоспособности [21]. За счёт рассасывания инфильтратов и спаек восстанавливается проходимость маточных труб, что благоприятно влияет на репродуктивную функцию женщин. На фоне тканевой терапии нормализуется работа яичников, гипофиза, гипоталамуса, вторично повышается качество эндометрия, возможности имплантации и укрепления плодного яйца увеличиваются, повышается женская фертильность. Также в перименопаузе и постменопаузе препараты плаценты человека замечательно работают как противоклимактерическое средство и средство заместительной терапии, значительно улучшается качество жизни пожилых женщин, практически продлевается женская молодость [22]. При тяжёлых онкологических заболеваниях, таких как рак шейки и тела матки, в случае применения лучевой терапии на фоне тканевой терапии частота осложнений снижается вдвое [23] (те же эффекты наблюдаются и на фоне химиотерапии при раке яичников).

Нашла своё место тканевая терапия и в урологии – лечение стриктур уретры различной тяжести, хронического простатита, гиперплазии предстательной железы, ночного недержания мочи в большинстве случаев даёт стабильный положительный результат [24].

Положительно влияя на сперматогенез, повышая количество и подвижность сперматозоидов, усиливая либидо, препараты плаценты также увеличивают мужскую фертильность и являются эффективным средством лечении мужского бесплодия [25].

Жировая дистрофия печени алкогольной и неалкогольной этиологии, атрофический цирроз, острые стадии инфекционных гепатитов – все эти заболевания, по данным достоверных клинических исследований, являются показаниями для тканевой терапии [26]. Совместное использование плацентарных препаратов с традиционной антивирусной терапией гепатитов В и С значительно улучшает результаты лечения, снижает остроту побочных реакций, уменьшает вероятность перехода заболеваний в хронические формы [27].

Для лечения нарушений обменных процессов и эндокринных заболеваний многими исследователями предлагаются различные методики тканевой терапии [28]. При дистрофических деструктивных изменениях опорно-двигательного аппарата у лиц пожилого возраста применение взвеси плацентарной ткани явно уменьшает выраженность остеопороза, убирает болевой синдром, поднимая качество жизни пациента [29].

Противоаллергический и десенсибилизирующий, иммуномодулирующий эффект даёт возможность применять тканевую терапию при бронхиальной астме, хронических нагноительных неспецифических заболеваниях лёгких [30, 31]. Поднимая общий иммунный статус организма, повышая неспецифический иммунитет организма, тканевые препараты позволяют успешно противостоять сезонным простудным заболеваниям, всем видам герпетической инфекции. Необходимо отметить особенности воздействия препаратов плаценты на общий иммунитет. В данном случае не наблюдается резкой активизации защитных иммунных механизмов, а фиксируется модулирующее действие, которое позволяет получить укрепление иммунного аппарата без опасности стимуляции «цитокинового шторма» при встрече с агрессивным вирусным агентом

и уменьшить количество тяжёлых вариантов течения, особенно вирусных заболеваний.

Отдельно стоит остановиться на применении плацентарных препаратов в дерматологии: красная волчанка, псориатическая болезнь, склеродермия, атопический дерматит с атопическим маршем – все эти заболевания относятся к категории пожизненных [32]. Однако многочисленные работы различных исследователей говорят о возможности достигнуть значительного прогресса в их терапии, применяя плацентарные препараты, а по отдельным нозологиям достигаются стойкие положительные эффекты более чем в 50% случаев [33].

НИИ геронтологии АМН СССР и Одесским научно-исследовательским институтом глазных болезней и тканевой терапии им. академика В.П. Филатова установлены факты, обосновывающие целесообразность применения тканевого лечения в качестве метода профилактики и терапии преждевременного старения человека. Курсовое лечение взвесью плаценты вызывает у пожилых людей улучшение сократительной способности миокарда, улучшает биоэлектрическую активность сердца, повышает интенсивность коронарного кровообращения, регулирует реактивность систем кровообращения, повышает эффективность её деятельности, нормализует сосудистый тонус [12, 34]. Динамика функционального состояния почек – системы, чётко отражающей состояние метаболизма, при применении плацентарной взвеси указывает на интенсификацию внутрипочечного кровообращения, экскреторной, в частности азотовыделительной, функции, что подтверждает целесообразность такого тканевого лечения. Выявлено закономерное, от курса к курсу, увеличение эффективности воздействия терапии на подвижность основных нервных процессов, работоспособность корковых клеток, повышение остроты зрения и объёма аккомодации. Подтверждено регулирующее действие лечения взвесью плаценты на функцию коры надпочечников, липидный и основной обмен, иммунологическую реактивность у пожилых людей. Такие наблюдения эффектов терапии преждевременно стареющих пациентов характеризуют взвесь плаценты как лечебное гериатрическое средство, а по отношению к физиологически стареющим – как профилактическое [35, 36]. Исследования влияния тканевой плацентарной терапии на организм пожилых людей позволили ответить на один важный вопрос: что будет при длительном, постоянном применении тканевой терапии? Не произойдёт ли истощение жизненных сил? Ответ однозначный – терапия плацентарными препаратами продлевает активный период жизни, улучшая её качество, позволяя прожить биологически отпущенное время без каких-либо катастрофических проблем со здоровьем.

С уничтожением СССР канула в лету и история развития НИИ геронтологии АМН, а НИИ глазных болезней и тканевой терапии им академика В.П. Филатова остался на территории нынешней, уже зарубежной Украины, где интерес к его работе полностью угас. Масштабных работ по исследованию метода академика В.П. Филатова на территории РФ больше не проводится, однако пандемия Covid-19 весной 2020 года показала, что наши зарубежные друзья и партнёры не оставляют втуне идеи тканевой терапии, заложенные нашими отечественными учёными, и продолжают базовые исследования в этой области с реальной надеждой получить дешёвые доступные и высокоэффективные препараты. Представители отечественной медицинской элиты пока, к сожалению, продолжают ориентироваться на дорогостоящие исследования не менее дорогостоящих, часто зарубежных, действующих веществ лишая, таким образом, отечественную медицину доказанно высокоэффективных методов терапии. Таким образом, мы не только теряем темп в борьбе с новыми вызовами микромира человечеству, но и, обладая колоссальным первичным опытом открытия и использования тканевой терапии, «непатриотично» отвергаем доказательные научно-клинические базы исследований, которые чрезвычайно необходимы на современном этапе развития медицины.

Для вящей убедительности следует продемонстрировать интенсивность поисков активных препаратов западными кампаниями и медицинскими организациями, которые не пропускают любую возможность оценки целевой эффективности всех доступных субстратов. Так, кампанией GC Wellbeing в сотрудничестве с исследовательской группой Медицинского колледжа Национального университета Чунгбук (Chungbuk National University) в течение последнего года был подтверждён противовирусный эффект (и в том числе, конкретно против вируса Covid-19) в двух экспериментальных группах, членов которых лечили либо маточным раствором препарата Laennec, либо исходным раствором в концентрации 50% [37]. Необходимо ещё раз напомнить о том, что японские препараты Melsmon и Laennec были созданы именно на базе тех научных разработок, которые проводились в прошлом веке тогда ещё советскими учёными в СССР.

На фармацевтическом рынке нашей страны зарегистрированы два препарата гидролизата плаценты человека – это Лаеннек (как иммуномодулирующее и гепатопротекторное средство) и Мелсмон (зарегистрирован как противоклимактерический препарат). Лаеннек позиционируется на рынке как плацентарный препарат и его свойства определяются наличием остатков плацентарных белков. При этом производитель в инструкции к препарату заявляет: *«…с помощью фармакокинетических методов невозможно изучить фармакокинетические параметры препарата Лаеннек, поскольку он состоит только из физиологических компонентов, которые обычно присутствуют в организме».* По сути определяются только клинические эффекты. Зная историю получения препарата, условия его производства и вызываемые им клинические эффекты, Лаеннек смело можно отнести к тканевым плацентарным препаратам, только предельно разбавленным, а, как мы уже отмечали выше, от концентрации зависят и получаемые клинические результаты. Тем более что в работах последних лет о его противоопухолевой активности последняя напрямую связывается с количеством препарата: чем его больше, тем определяется более выраженный эффект [38].

За последние два десятилетия благодаря сотрудникам медицинской корпорации RHANA, занимающейся эстетической медициной, собрана убедительная доказательная база по применению препарата Лаеннек. Но серьёзные разработки не проводились, просто повторно проведены отдельные исследования, которые были реализованы в своё время под руководством Н.А. Пучковской [12]. Отказ от продолжения исследований экстракта и взвеси плацентарной ткани, произведённых по методу академика В.П. Филатова, только подтверждает ущербность таких исследований. Изучается не первичный материал, а некое производное с явно ограниченным функционалом, и последние работы в Chungbuk National University (Южная Корея) ярко это демонстрируют [37]. Таким образом, есть реальные основания считать, что при возобновлении исследовательской деятельности в отношении тканевых препаратов Российская Федерация не только восстановит свои позиции по этим вопросам, но и дальше будет оставаться в мировых лидерах этого медицинского направления.

Заключение

Таким образом, проведённый анализ доступных в современном информационном поле материалов по тканевой терапии позволяет сделать однозначный вывод – вся история развития научных и клинических исследований известной с древних времён методики лечения и оздоровления субстратами, полученными из животных тканей, особенно, плаценты человека, говорит о чрезвычайной эффективности, доступности и безопасности этих методик. Вызовы современности человечеству, которые приходят к нам часто с неожиданной стороны в виде супербактерий или новых видов вирусов (Covid-19), заставляют задуматься о возможности, а точнее *необходимости* использования забытых официальной медициной, но от этого не менее востребованных методов терапии и профилактики заболеваний, которым является тканевая терапия. Большая часть всего интеллектуального капитала по этим вопросам была создана и до сих пор сосредоточена в нашей стране, и у российских учёных и практиков медицины на данном этапе развития медико-социальных проблем есть все основания продолжить на новом современном уровне научно-исследовательские работы по тканевым методам терапии и продолжить внедрение эффективнейших методов лечения и профилактики болезней, в том числе влияющих на укрепление звеньев неспецифического иммунитета, развитие которого в популяции так важно сейчас, на фоне новых вызовов человечеству современной эпохи.

Список литературы

1. Филатов В.П. Мои пути в науке. Одесса: Одес. обл. изд-во, 1955. 160 с.

2. Материалы о гистолизатах проф. М.П. Тушнова: Сборник науч. трудов. М.: Лечсанупром, 1933. 80 с.

3. Проблемы спермотоксинов и лизатов: Сборник науч. трудов / Акад. М.П. Тушнов; Под ред. акад. Б.М. Завадовского, проф. К.Р. Викторова. М.: Сельхозгиз, 1938. 416 с.

4. Ратнер Ю.А. Гнойный плеврит и его лечение. Казань: Татгосиздат, 1935. 154 с.

5. Беленький Н.Г. Переливание сыворотки крови животных. 2-е изд. М.: Сов. наука, 1953, 463 с.

6. Филатов В.П. Круглый стебель в офтальмологии // Восстановительная хирургия; вып. 2. М.: Медгиз, 1943. 28 с.

7. Филатов В.П. Тканевая терапия (учение о биогенных стимуляторах): Стенограмма двух публичных лекций, прочит. для врачей / Герой Соц. Труда лауреат Сталинских премий акад. В.П. Филатов. (2-е изд.). М.: Знание, 1953. 48 с.

8. Филатов В.П. Тканевая терапия (Лечение биогенными стимуляторами). Ташкент: Госиздат УзССР, 1948 (тип. № 1). 208 с.

9. Сысоев А.Ф., Марцинкевич Л.А. Определение биологических стимуляторов при помощи дрожжевого нефелометрического теста // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 1957. № 4. С. 107–111.

10. Румянцев Г.Е. Тканевая терапия. Ростов н/Д.: Ростиздат, 1950. 168 с.

11. Инструкция по изготовлению и применению тканевых препаратов для лечения биогенными стимуляторами по методу академика В.П. Филатова. Одесса, 1955. 36 с.

12. Пучковская Н.А., Гончаренко С.Н., Гончарук А.Н. Тканевая терапия / Под ред. академика АМН СССР Н.А. Пучковской. Киев: Здоров'я, 1975. 207 с.

13. Богатырева Е.В. Химиотерапия больных туберкулёзом лёгких в комплексе с тканевыми препаратами (взвесь плаценты и алоэ) с учётом показателей функционального состояния лейкоцитов периферической крови: автореф. дис. … канд. мед. наук. Вильнюс, 1987. 24 с.

14. Скородинская В.В. Имплантация плаценты с лечебной целью при кератитах // Научные материалы Украинского Института экспериментальной офтальмологии. Одесса, 1939. С. 123–124.

15. Беспалько Л.А. Эффективность взвесей из консервированных тканей при глазных заболеваниях // Офтальмологический журнал. 1952. № 3. С. 220–222.

16. Брук А.М., Вилянский М.П. Лечение способом подсадки тканей. Челябинск: Челяб. обл. гос. изд-во, 1952. 47 с.

17. Зайцев Г.П., Порядин В.Г., Розенфельд-Тарарыкин Е.С. Тканевая терапия при тромбоблитерирующих заболеваниях артерий // Казанский мед. журнал. 1968. № 6. С. 53–54.

18. Хорошманенко Н.Я. Тканевая терапия спаечных процессов брюшной полости // Хирургия. 1955. № 4. С. 44–48.

19. Мучник С.Р., Соловьева В.П. Тканевая терапия и тканевые препараты по В.П. Филатову. М.: Медэкспорт, 1989. 72 с.

20. Спасокукоцкий Ю.А. Борьба с преждевременным старением: по материалам симпозиума «Применение биологически активных веществ и других агентов в гериатрической практике». Киев: Наукова думка, 1968. 165 с.

21. Савицкий В.Н. Тканевая терапия заболеваний женской половой сферы. Клинико-экспериментальное исследование: автореф. дис. … докт. мед. наук. Киев, 1953. 44 с.

22. Букатый Г.Ф. Опыт применения тканевой терапии при гинекологических заболеваниях // Акушерство и гинекология. 1952. № 6. С. 80–81.

23. Воронцов И.М. Опыт применения тканевой терапии ампульными препаратами в далеко зашедших случаях рака: материалы научной конференции, посвящённой 30-летию метода тканевой терапии по В.П. Филатову (Киев, 16 сентября 1963 г.). Киев: Госмедиздат УССР, 1963. С. 32–33.

24. Воробьёв Л.П., Володько Е.А. Подсадка плаценты в комплексном лечении хронического простатита // Военно-медицинский журнал. 1993. № 8. С. 56.

25. Айвазян А.В. Тканевая терапия при урологических заболеваниях // Клиническая медицина. 1951. № 3. С. 70–72.

26. Окс А.А. Тканевая терапия по методу академика В.П. Филатова при атрофических циррозах печени // Учёные записки (Украинский экспериментальный институт глазных болезней и тканевой терапии). 1958. Т. 4. С. 229–233.

27. Айламазян Э.К., Рассохин А.В. Тканевая плацентарная терапия. СПб.: Элби-СПБ, 2014. 208 с.

28. Брейтман Р.М., Ермулович Я.В. Тканевая терапия при некоторых эндокринных заболеваниях // Врачебное дело. 1950. № 9. С. 816–819.

29. Подрушняк Е.П., Остапчук А.Д., Янковская С.Н., Станкевич Э.А. Применение взвеси плаценты при дистрофически деструктивных изменениях опорно-двигательного аппарата у лиц пожилого возраста // Сборник лекарств, терапия в пожилом и старческом возрасте. Киев: Наукова думка, 1968. С. 475–477.

30. Коган Е.С. Опыт лечения бронхиальной астмы тканевыми препаратами // Врачебное дело. 1948. № 7. С. 629–630.

31. Леонова К.И. Тканевая терапия по акад. В.П. Филатову при неспецифических нагноительных заболеваниях легких: автореф. дис. … канд. мед. наук. Омск, 1954. 14 с.

32. Венедиктова К.П. Опыт тканевой терапии в дерматологии: автореф. дис. Ростов н/Д., 1954. 10 с.

33. Гнилорыбов Т.Е. Тканевая терапия при трофических расстройствах: материалы научной конференции, посвящённой 30-летию метода тканевой терапии по В.П. Филатову (Киев, 16 сентября 1963 г.). Киев: Госмедиздат УССР, 1963. С. 10–11.

34. Соловьева В.П., Степанюк Е.Г. Влияние взвеси плаценты на течение экспериментального миокардита. Материалы научной конференции, посвящённой 90-летию со дня рождения В.П. Филатова (Киев, 8–10 июня 1965 г.). Киев: Здоров'я, 1965. С. 87.

35. Гончаренко С.Н. Десятилетний опыт терапии взвесью плаценты в гериатрии // Тканевая терапия по В.П. Филатову (Сборник науч. трудов) / Одес. науч.-исслед. ин-т глазных болезней и тканевой терапии им. акад. В.П. Филатова, Одес. с.-х. ин-т; Одесса: НИИ глазных болезней и тканевой терапии, Одесса, 1977. С. 129–131.

36. Пучковская Н.А., Мучник С.Р., Гончаренко С.Н. Тканевая терапия в гериатрии // Тезисы 9-го Международного конгресса геронтологов (Киев 2–7 июня 1972 г.). Киев, 1972. Т. 3. С. 376.

37. ЛиХанСу. Korea Biomedical Review. GC Wellbeing's placenta injection shows efficacy on Covid-19. 2020.05.13 16:02.

38. Tsutsumi, Hashimoto, Masada. Effects of placenta extracts on lymphocytes and cancer cells. Japan Bioproducts, RHANA, 1983 (producer data on file) FEBS Lett. 1991 Oct21. Vol. 291(2). P. 229–232.

СТАТЬИ

УДК 004.4:551.46.077

АРХИВИРОВАНИЕ ГИДРОЛОКАЦИОННЫХ ДАННЫХ ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДНА АКВАТОРИЙ

[1,2]Римский-Корсаков Н.А., [1]Тронза С.Н., [1]Анисимов И.М.

[1]Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, e-mail: nrk@ocean.ru;
[2]Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Москва, e-mail: nrk@ocean.ru

Настоящая статья посвящена разработке программного обеспечения, позволяющего конвертировать гидролокационную информацию, собранную в файлы формата *.xtf, в файлы оригинального формата *.lft, *.rgt и *.nav разработки Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН (ИО РАН). В ИО РАН создана полная отечественная технология гидролокационной съемки и акустического зондирования дна океана, включающая аппаратуру и методическое обеспечение исследований (Римский-Корсаков Н.А., 2018). Элементами технологии в том числе является программно-математическое обеспечение (ПМО) для сбора, отображения и обработки данных в реальном времени и камеральном режиме. Сбор информации ведется в файлы цифровых данных определенного формата. Эти составляющие технологии создавались в то время, когда не существовало общепринятых мировых стандартов систем сбора данных и их файловой структуры. В настоящее время общепринятым форматом гидролокационных файлов является *.xtf. С другой стороны, ПМО постобработки, разработанное в ИО РАН, обладает рядом удобных функций для подготовки информации, получаемой с помощью ГБО и акустических профилографов (АП), с целью анализа стандартными методиками и программными комплексами. Кроме того, обработка данных, собранных с помощью новых устройств в файлы *.xtf, в среде ПМО ИО РАН позволила бы вести адекватное сравнение информации, полученной в предыдущие периоды исследований океанского дна, с современными данными.

Ключевые слова: гидролокатор бокового обзора, акустический профилограф, эхолот, цифровые данные, обработка реального времени, архивирование, постобработка, формат XTF, преобразователь форматов

OCEANOLOGICAL BOTTOM STUDIES SONAR DATA ARCHIVING

[1,2]Rimskiy-Korsakov N.A., [1]Tronza S.N., [1]Anisimov I.M.

[1]Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Science, Moscow;
[2]Bauman Moscow State Technical University, Moscow, e-mail: nrk@ocean.ru

This article is devoted to the development of software that allows you to convert sonar information collected in *.xtf files to the original *.lft,*. rgt, and *.nav files developed by the Shirshov Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences (IO RAS). IO RAS has developed a complete domestic technology for sonar survey and acoustic sounding of the ocean floor, including equipment and methodological support for research (Rimsky-Korsakov N.A., 2018). Elements of the technology include software for data collecting, real time displaying and post-processing. Information is collected in digital data files of an original format. These components of the technology were created at a time when there were no generally accepted international standards for data collection systems and their file structure. Today, the common file format used for archiving sonar images is *.xtf. On the other hand, the post-processing software developed at IO RAS has a number of convenient functions for preparing information obtained using SSS and acoustic profiles (AP) for analysis using standard methods and software packages. In addition, the processing of the new devices collected data in *.xtf files by the IO RAS software would allow an adequate comparison of information obtained in previous periods of ocean floor research with modern data.

Keywords: side scan sonar, acoustic profiler, echo sounder, digital data, real-time processing, archiving, post-processing, XTF format, format converter

В Институте океанологии им. П.П. Ширшова РАН (ИО РАН) создана полная отечественная технология гидролокационной съемки и акустического зондирования дна океана, включающая аппаратуру и методическое обеспечение исследований [1, 2]. Элементами технологии являются гидроакустические антенны, приемо-передающие электронные блоки, цифровые преобразователи информации, программно-математическое обеспечение (ПМО) для сбора, отображения и обработки данных в реальном времени и камеральном режиме, а также буксируемые носители, в том числе глубоководные аппараты для доставки аппаратуры к объекту исследований – океанскому дну. Сбор информации ведется в файлы цифровых данных определенного формата, который определяется структурой и алгоритмами работы оригинального электронного оборудования и управляющего ПМО. Эти составляющие технологии создавались в то время, когда не существовало общепринятых мировых стандартов систем сбора данных и их файловой структуры. В настоящее время общепринятым форматом файлов, используемых для архивирования гидролокационных изображений, является *.xtf, который используется подавляющим большинством программ

сбора и обработки информации, получаемой с помощью гидролокаторов бокового обзора (ГБО). С другой стороны, ПМО постобработки, разработанное в ИО РАН, обладает рядом удобных функций для подготовки информации, получаемой с помощью ГБО и акустических профилографов (АП), с целью анализа стандартными методиками и программными комплексами. Кроме того, обработка данных, собранных с помощью новых устройств в файлы *.xtf, в среде ПМО ИО РАН позволила бы вести адекватное сравнение информации, полученной в предыдущие периоды исследований океанского дна с современными данными.

Целью работы, представленной в настоящей статье, является разработка и создание программно-математического обеспечения (ПМО), позволяющего использовать оригинальный программный пакет WINRASTR, разработанный в Институте океанологии (ИО РАН), для постобработки гидролокационной информации, собранной в файлы формата *.xtf. Новое ПМО позволяет конвертировать гидролокационную информацию, собранную в файлы формата *.xtf в файлы оригинального формата *.lft, *.rgt и *.nav разработки ИО РАН.

Пакет WINRASTR [3] предназначен для работы с файлами-триадами *.lft, *.rgt и *.nav, которые формируются в процессе сбора гидролокационной информации с использованием ПМО RASTR, также разработанного в ИО РАН. Файлы формата *.xtf являются общепринятым международным стандартом сбора и накопления гидролокационной информации.

Таким образом, для достижения цели работы требуется решить следующие задачи: во-первых, провести анализ работы ПМО реального времени RASTR (программа «rastr.exe») при управлении работой и сбором гидролокационных данных, анализ функционирования ПМО WINRASTR (программа «winrastr.exe») при камеральной обработке гидролокационных данных, исследовать структуру и особенности международного формата сбора гидролокационных данных *.xtf и разработать программу – преобразователь файлов.

Материалы и методы исследования

Программа сбора гидролокационной информации RASTR была создана для управления электронными интерфейсами серии RASTR-RS [4], разработанными в Институте океанологии им. П.П. Ширшова РАН (ИО РАН), в процессе создания полной самостоятельной технологии гидролокационного исследования рельефа дна и подводных объектов [1, 2]. Технология включала гидроакустические антенны, гидролокаторы бокового обзора (ГБО) и акустические профилографы (АП) с рабочими частотами 4,5–500 кГц, приемо-передающие электронные блоки мощностью до 10 кВт, аналого-цифровые модули – интерфейсы сопряжения электронных аналоговых блоков и ПЭВМ – RASTR-PC, программно-математическое обеспечение (ПМО) сбора, отображения и накопления информации RASTR, а также ПМО для камеральной обработки информации WINRASTR, точнее для ее подготовки для анализа в среде программного обеспечения общего пользования.

ПМО реального времени RASTR (rastr.exe) управляет работой интерфейса ввода-вывода RASTR-RS [4] и производит ввод информации от трех информационных каналов (гидролокаторы левого и правого борта, а также эхолот или акустический профилограф). Динамические диапазоны сигналов и цифрующих элементов согласуются при помощи активных фильтров, параметры которых определяются для каждого канала автоматически на основании данных статистического анализа входных эхо-сигналов, либо задаются оператором априори, либо на основании анализа приходящих сигналов в реальном времени. Оператором задается также частота оцифровки на основании возможной разрешающей способности и рабочего диапазона дальности. Программа rastr.exe ведет сбор навигационной (GPS, ГЛОНАСС) и гидролокационной информации, с временной привязкой, на твердый диск ПЭВМ в формате файлов *.lft, *.rgt и *.nav. На экране монитора ПЭВМ в процессе работы представляются изображения поверхности дна, получаемые с помощью ГБО справа и слева от буксируемого носителя, а также изображение профиля поверхности дна или разреза рыхлых донных отложений вдоль маршрута движения судна, получаемое соответственно с помощью эхолота или АП. Формат отображения информации – «Water flow window» – движущееся окно. Оператором произвольно и раздельно по каналам может быть выбрана ширина зоны отображения и диапазон так называемой «мертвой зоны» в толще воды. Для того чтобы запустить программу, оператор из рабочего окна операционной системы Windows нажимает на иконку RASTR или ЭхоГраф. Вид рабочего окна ПМО RASTR (rastr.exe) показан на рис. 1. Оператор может управлять программой с использованием функциональной клавиатуры. При этом используется комбинация клавиш «Alt» плюс подчеркнутый символ на дисплее.

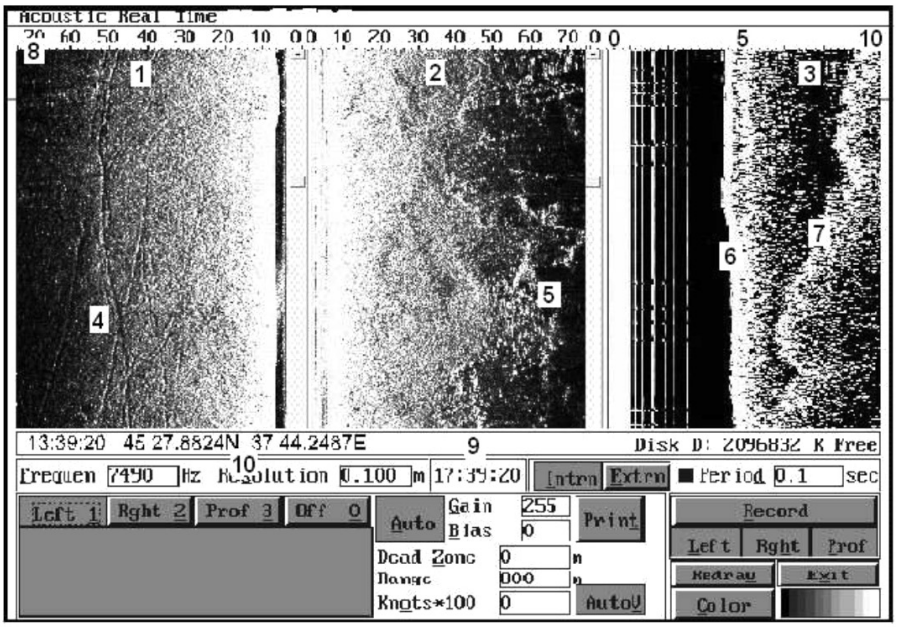


Рис. 1. Рабочее окно ПМО РАСТР: 1 – изображение поверхности дна с левого и 2 – с правого борта, 3 – изображение профиля поверхности дна и разреза рыхлых отложений, 4 – изображение следов (борозд) на поверхности дна, оставленных судовыми якорями, 5 – изображение поверхности твердых пород, выходящих на поверхность дна из-под рыхлых отложений, 6 – профиль поверхности дна, 7 – профиль поверхности подстилающих твердых пород, 8 – дальность, 9 – время, 10 – координаты

В связи с появлением новой электронной элементной базы, а также стремлением минимизировать размеры судовой части аппаратуры модуль ввода-вывода неоднократно модернизировался. Изменялись также и операционные системы используемых ПЭВМ. Для среды Windows'98/XP была создана очередная версия программы реального времени, которая содержала новые функции [4], а именно:

– определение географических координат регистрируемых объектов;

– создание в реальном времени на лазерном принтере твердых полутоновых копий текущих гидролокационных изображений;

– запись файлов координат маршрута съемки поверхности дна с помощью ГБО в различных картографических проекциях;

– архивирование цифровых данных промера глубин эхолотом в формате NMEA.

ПМО было успешно испытано и используется в настоящее время в рамках применения технологии гидролокационной съемки и акустического зондирования, разработанной в Институте океанологии им. П.П. Ширшова РАН.

Для камеральной обработки информации, получаемой с помощью ГБО, АП и эхолотов, используется основная программа постобработки (подготовки) winrastr.exe (ПМО WINRASTR) [3], которая по сути своей позволяет привязать к координатам каждую точку растрового гидролокационного изображения и профилей, собранных и заархивированных в цифровом виде с помощью ПМО реального времени rastr.exe. При этом программа использует прямоугольные координаты (местные или, например, географические в проекции Гаусса – Крюгера или UTM).

ПМО WINRASTR дает возможность просмотреть заархивированные гидролокационные изображения поверхности и разрезов донных отложений на экране ПЭВМ и формировать твердые копии этих изображений требуемого масштаба на стандартных устройствах вывода графической информации, таких как графические самописцы и принтеры различных модификаций. Важной функцией ПМО постобработки является создание файлов координат измерения глубины места, а также координат объектов и контуров характерных областей, которые регистрируются на записях ГБО и АП. Эти функции необходимы для построения батиметрических карт и планов, а также геоморфологических схем. Функция реализуется с использованием ма-

нипулятора «мышь», с помощью которого видимый контур области или объект обводится курсором и данные оцифровки сохраняются в файл. Образованный файл содержит таблицу в ASCII кодах с координатами точек очерченного на экране контура или точек, которые в дальнейшем используются для построения батиметрии районов работ и исследований, а также могут быть наложены на базовую навигационную или топографическую карту, например, с помощью ПМО SURFER.

Ядро программы постобработки гидролокационной информации было разработано для среды DOS. Позже программа была переработана для среды WINDOWS и получала название WINRASTR. При этом она была дополнена следующими функциями:

– создание файлов координат оцифрованных контуров;

– коррекция масштаба изображения вдоль маршрута движения судна в соответствии со скоростью движения;

– коррекция масштаба изображения в направлении зондирования (поперек маршрута движения) с учетом наклонной дальности и пересчетом ее в горизонтальную дальность до объектов;

– формирование равномасштабных изображений при выводе их на экран и распечатке твердых копий;

– возможность изменения координат привязки гидролокационных изображений в зависимости от выбранной картографической проекции;

– построение мозаичных гидролокационных изображений и др.

Запуск программы постобработки осуществляется с рабочего стола операционной системы Windows путем активизации иконки WINRASTR. На рис. 2 приведено изображение рабочего окна программы.

Просмотр изображений с использованием программы WINRASTR ведется в следующем порядке. Загрузка изображения осуществляется через рабочее меню программы командами File-Open. Из диалогового окна далее загружаются один, два либо три одноименных файла – вначале файл с расширением *.rgt, потом файл с расширением *.lft, а затем с расширением ∗prf. Как правило, при обработке гидролокационной информации загружаются файлы *.rgt и *.lft, а при создании массивов батиметрической информации загружаются файлы ∗.prf. В левом нижнем углу рабочего окна программы появляются цифры, означающие дату записи отображаемых файлов и время, соответствующее записи точки изображения на экране, указываемой курсором мыши. Третий (четвертый) из загружаемых файлов – навигационный (*.nav) – несет информацию о координатах места положения антенны гидролокатора (профилографа) при движении по маршруту съемки в привязке к единому времени. К единому времени привязан также каждый пиксель гидролокационного изображения. Через единое время осуществляется привязка пикселей гидролокационного изображения к географическим координатам. Единым является время, задаваемое управляющей ПЭВМ и синхронизированное, как правило, с мировым временем GMT. Навигационные файлы формируются программой rastr.exe на основании GPS информации, поступающей от соответствующего спутникового приемника в управляющую ПЭВМ.

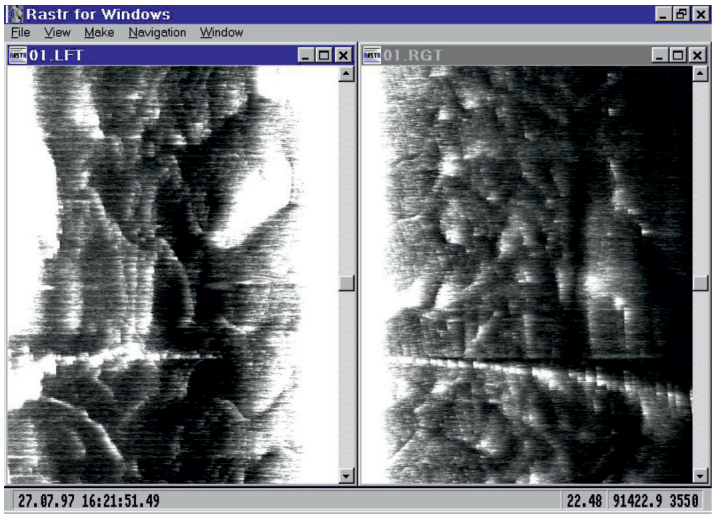


Рис. 2. Рабочее окно программы реального времени «WINRASTR»

Большим плюсом ПМО WINRASTR является то, что потребляемые им навигационные составляющие *.nav могут быть синтезированы независимо от процесса сбора гидролокационных данных с использованием систем позиционирования, использующих разные методы и физические принципы. Так, например, гидролокационные изображения поверхности дна протяженных речных русел логично и удобно представлять в координатах (0, Y), где Y – расстояние по лоции реки вдоль судового хода. Отметки расстояния могут быть привязаны вручную к единому времени и особенностям русла реки путем фиксации моментов прохождения створов, бакенов и других объектов, обозначенных на лоции [5]. Привязанные к местности такие гидролокационные изображения особенно удобны для анализа специалистами в области геоморфологии и литодинамики речных русел.

Результаты исследования и их обсуждение

В международной практике для сбора и архивирования гидролокационных изображений широко используется формат файлов *.xtf. Extended Triton Format (XTF) – формат файлов для гидрографической съемки, разработанный фирмой Triton Imaging. Этот формат был также выбран для новых гидролокаторов Лаборатории гидролокации дна, так как он распознается большим количеством современных программ, позволяющих производить обработку гидролокационных данных. Также этот формат является стандартным во всех современных гидролокаторах бокового обзора. Формат файлов XTF подробно рассмотрен в литературе [6], что позволяет использовать его в различных разработках гидролокационных приборов и устройств. Однако функционал рассмотренной выше программы WINRASTR все еще востребован даже по сравнению с некоторыми современными программами обработки XTF файлов, поэтому возникла необходимость разработки преобразователя XTF файлов в файлы, воспринимаемые программой WINRASTR, а именно в файлы *.rgt и *.lft правого и левого канала и файлы навигационной привязки *.n_v/*.nav.

Так как эти форматы файлов предназначены для решения одной и той же задачи хранения данных ГБО, то и структура у них одинаковая. В структуре обоих видов файлов можно выделить следующие блоки:

a. Заголовок файла – общая информация о файле: название устройства, комментарии.

b. Заголовок данных 1 (данные о зондирующем импульсе: время излучения этого импульса, длительность блока, частота дискретизации, и т.д.).

c. Данные 1 (данные ГБО, составляющие одну линию развертки, соответствующие заголовку 1).

d. Заголовок данных 2.

e. Данные 2.

. . . . . .

f. Заголовок данных N.

g. Данные N.

Из этого следует, что возможно написание программы преобразования данных из одного формата в другой.

Единственной особенностью является то, что в *.xtf файле хранятся данные как левого, так и правого канала, а также навигационные данные, а в файлах программы WINRASTR отдельный файл предназначен для данных левого канала, отдельный – для правого канала, отдельный файл – для навигационных данных. Однако это не влияет на структуру программы и не является серьезным усложнением написания программы преобразования.

Для реализации преобразования *.xtf файлов была разработана программа – преобразователь файлов. Программа разработана на языке C++ в среде Visual Studio 2017.

Алгоритм работы преобразования одного *.xtf файла можно описать следующим образом:

a. Открыть *.xtf файл для чтения.

b. Создать *.lft, *.rgt, *.n_v файлы для записи.

c. Найти все блоки данных левого и правого канала.

d. Для всех найденных блоков:

e. Если это данные левого канала – преобразовать и записать в *.lft файл.

f. Если это данные правого канала – преобразовать и записать в *.rgt файл.

g. Извлечь координаты и записать в *.n_v файл.

h. Закрыть файлы *.xtf, .lft, .rgt, .n_v

Программа обладает тривиальным интерфейсом, который позволяет выбрать *.xtf файлы для преобразования, затем выполняет преобразование и сохраняет *.lft, *.rgt и *.n_v файлы в той же папке. Вид интерфейса программы изображен на рис. 3.

В качестве примера можно привести результат преобразования XTF файла в формат «ВинРастр». На рис. 4, а, приведено гидролокационное изображение поверхности дна и подводного объекта – свалки элементов и контейнеров в заливе Абросимова на Новой Земле, полученное с помощью ГБО-ВМ буксируемого аппарата «Видеомодуль» [7], сохраненное в файл формата *.xtf, открытый в общедоступной программе для просмотра гидролокационных изображений «DeepView».

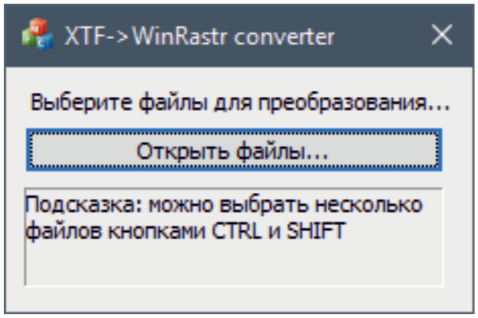
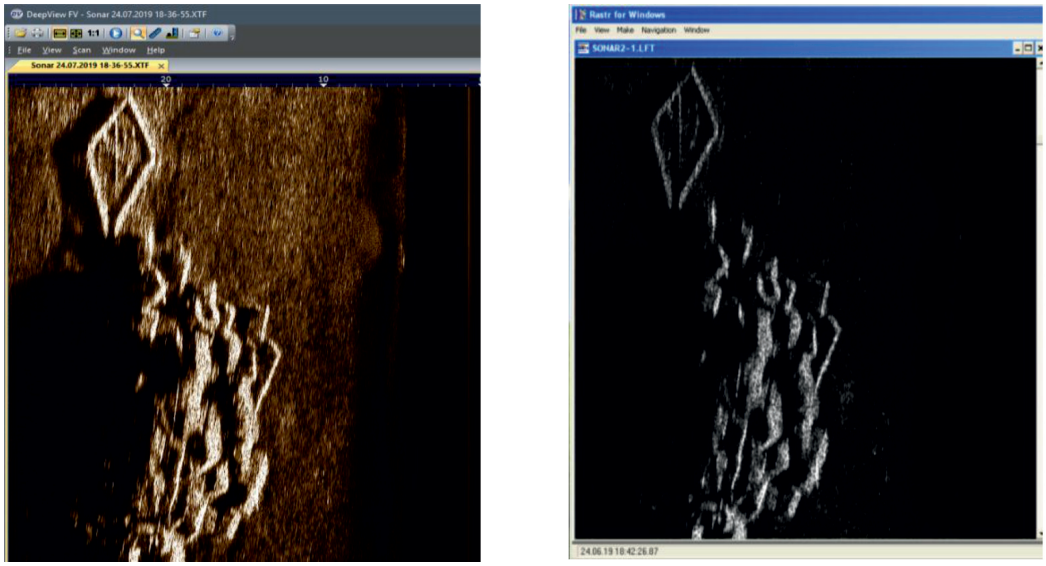


Рис. 3. Вид интерфейса программы преобразователя XTF файлов



а) *б)*

*Рис. 4. Гидролокационное изображение поверхности дна и подводного объекта, полученное с помощью гидролокатора бокового обзора ГБО-ВМ с рабочей частотой 240 кГц: а) записанное в файл формата *.XTF, открытый в программе DeepView; б) открытое в программе «ВинРастр» после преобразования формата файла из *.xtf в *.lft, *.rgt и *.n_v*

На рис. 4, б, приведено то же самое гидролокационное изображение, открытое в программе «WINRASTR» после преобразования формата файла из *.xtf в *.lft, *.rgt и *.n_v.

Заключение

Таким образом, во-первых, доказана возможность преобразования без искажений информации, получаемой с помощью любых ГБО, акустических профилографов и эхолотов, сохраненной в формате *.xtf, при использовании ее в среде оригинального ПМО WINRASTR и, во-вторых, созданы условия для реализации всех возможностей ПМО WINRASTR для обработки и подготовки для анализа гидролокационных данных, сохраненных в формате *.xtf, в-третьих, обеспечена опция искусственного синтеза навигационных данных, получаемых системами, отличными от космических навигационных систем, а также подготовленными вручную.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИО РАН (тема № 0149-2020-0011) при поддержке РФФИ (проект № 20-05-00384 «А» и проект № 18-05-60070 «Арктика»).

Список литературы

1. Римский-Корсаков Н.А. Исследования морских глубин гидролокационными методами // Освоение морских глубин. М.: Издательский дом «Оружие и технологии», 2018. С. 360–365.

2. Суконкин С.Я. Технические средства для фундаментальных исследований Мирового океана // Подводные технологии и средства освоения Мирового океана. М.: Издательский дом «Оружие и технологии», 2011. С. 104–117.

3. Руссак Ю.С., Нафиков В.М., Тихонова Н.Ф. Система сбора и обработки гидроакустической информации // Современные методы и средства океанологических исследований: матер. XV Всерос. научно-технической конференции. М.: АПР, 2017. Т. 2. С. 355–357.

4. Руссак Ю.С., Тихонова Н.Ф. Универсальный модуль «RA8-USB» // Современные методы и средства океанологических исследований: матер. XIV Всерос. научно-технической конференции. М.: АПР, 2015. Т. 2. С. 315–318.

5. Нижняя Волга: геоморфология, палеогеография и русловая морфодинамика / Под ред. Г.И. Рычагова и В.Н. Коротаева. М.: ГЕОС, 2020. 242 с.

6. Marine geophysical data processing toolbox // Ge0MLib (Alpha) Home – Marine geophysical data processing toolbox for engineering survey. [Electronic resource]. URL: http://ge0mlib.ru /papers/ File_Formats / Xtf_rev41.pdf (date of access: 23.08.2020).

7. Римский-Корсаков Н.А., Флинт М.В., Казеннов А.Ю., Анисимов И.М., Поярков С.Г., Пронин А.А., Тронза С.Н. Результаты исследования объектов, представляющих экологическую угрозу, в заливе Абросимова (Новая Земля, Карское море) // Океанология. 2020. Т. 60. № 5. С. 720–728.

ОБЗОРЫ

УДК 678

СОВРЕМЕННЫЕ ГАЗОНАПОЛНЕННЫЕ ПОЛИМЕРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

Колосова А.С., Пикалов Е.С.

ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», Владимир, e-mail: evgeniy-pikalov@mail.ru

Газонаполненные пластмассы и эластомеры представляют собой одну из наиболее широко распространенных в самых разных областях человеческой деятельности и активно развивающихся групп полимерных материалов и изделий, в которых дисперсной фазой является газ, а основу сплошной фазы составляет полимер. Распространенность и перспективность рассматриваемой группы полимерных композиционных материалов объясняется сочетанием теплоизоляционных свойств с другими характеристиками, которые зависят от состава, структуры и технологии получения материала. В данной работе представлена классификация газонаполненных полимерных материалов в зависимости от типа газоструктурного элемента, состава и свойств. Рассматриваются разновидности газонаполненных пластмасс, пеноэластомеров и изделий из них, приведена характеристика, области применения, составы сырьевых смесей и технологии получения наиболее распространенных и востребованных на сегодняшний день газонаполненных полимеров: пенополиуретанов, пенополиизоцианатов, пенокарбамидов, пенофенопластов, пеноэпоксидов, пенополиимидов, пенополистиролов, пенополиэтиленов, пенополивинилхлоридов, пенополипропиленов, пенорезин и пеносиликонов. Отдельно рассматриваются интегральные пенопласты, синтактные пенопласты, сотопласты, материалы из полимерных волокон и воздушно-пузырчатые пленки. Представленная информация позволяет оценить разнообразие газонаполненных полимерных материалов и изделий, их основные преимущества и недостатки для разных областей применения.

Ключевые слова: газонаполненные пластмассы, пенополиуретан, пенополистирол, интегральные пенопласты, синтактные пенопласты, сотопласты, пеноэластомеры

MODERN GAS-FILLED POLYMER MATERIALS AND PRODUCTS

Kolosova A.S., Pikalov E.S.

Vladimir State University of a name of Alexander Grigorevich and Nikolay Grigorevich Stoletovs, Vladimir, e-mail: evgeniy-pikalov@mail.ru

Gas-filled plastics and elastomers are one of the most widely distributed in various fields of human activity and actively developing groups of polymer materials and products, in which the dispersed phase is a gas, and the solid phase is based on a polymer. The prevalence and prospects of the considered group of polymer composite materials are explained by the combination of thermal insulation properties with other characteristics that depend on the composition, structure and technology of obtaining the material. This paper presents a classification of gas-filled polymer materials depending on the type of gas-structured element, composition and properties. Discusses the varieties of gas-filled plastics, foamed elastomers and articles made therefrom, the characteristics, the field of application, the compositions of raw mixtures and the technology of the most common and popular today, gas-filled polymers: polyurethane foams, polyisocyanurates foams, carbamide foams, phenolic foams, epoxy foams, polyimide foams, expanded polystyrene, expanded polyethylene, expanded polyvinylchloride, expanded polypropylene, rubber foam and organosilicon foam. Integrated foams, syntactic foams, honeycombed plastic, polymer fiber materials and air-bubble films are considered separately. This information allows us to evaluate the variety of gas-filled polymer materials and products, their main advantages and disadvantages for different applications.

Keywords: gas-filled plastics, polyurethane foam, expanded polystyrene, integrated foams, syntactic foams, honeycombed plastic, foamed elastomer

На сегодняшний день полимеры являются одними из самых распространенных и востребованных материалов, которые широко применяются практически повсеместно, а темпы их производства и объемы потребления с каждым годом повышаются. Это связано с большим количеством разновидностей натуральных и синтетических полимеров, которые отличаются по составу, структуре, свойствам и способам переработки в изделия. Для многих полимеров характерны широкие возможности по сополимеризации и модификации различными добавками, что не только расширяет возможности их производства и применения, но и позволяет получать полимерные композиционные материалы, в которых можно эффективно комбинировать свойства полимерных связующих и различных наполнителей.

Среди композиционных материалов на полимерных связующих особое место за счет сочетания теплоизоляционных свойств с другими показателями занимают газонаполненные (вспененные, ячеистые, теплоизоляционные) пластмассы и эластомеры, в которых, как следует из названия, дисперсной фазой являет-

ся газ, а основу сплошной фазы составляют полимерные материалы, находящиеся при температурах эксплуатации в твердом (пластмассы) или высокоэластичном (эластомеры) состояниях. Как и в случае с другими полимерными композиционными материалами, газонаполненные пластмассы получают на основе термопластов и реактопластов (термореактопласты, термореактивные пластмассы) [1, 2].

Цель данной работы заключалась в рассмотрении наиболее распространенных групп газонаполненных полимерных материалов и изделий, их составов и методов получения, преимуществ и недостатков, а также областей применения.

Классификация и общая характеристика газонаполненных пластмасс

Существует несколько вариантов классификации газонаполненных пластмасс. В зависимости от плотности газонаполненные пластмассы подразделяют на сверхлегкие ($\rho < 10$ кг/м^3), легкие ($\rho = 10$–500 кг/м^3) и облегченные ($\rho > 500$ кг/м^3). В зависимости от напряжения сжатия при 50 %-ной деформации газонаполненные пластмассы делятся на эластичные или мягкие (напряжение менее 0,01 МПа), полужесткие (напряжение 0,01–0,15 МПа) и жесткие или твердые (напряжение свыше 0,15 МПа). При этом модуль упругости для эластичных газонаполненных пластмасс превышает 1000 МПа, а для жестких – менее 100 МПа. Для классификации газонаполненных пластмасс также используют термин «газоструктурный элемент» (ГСЭ), под которым понимается объем (газовая ячейка), ограниченный стенками, ребрами (тяжами) и повторяющийся в структуре материала с определенной периодичностью. В зависимости от типа ГСЭ, которые составляют структуру газонаполненных пластмасс, различают:

– ячеистые пенопласты, состоящие из изолированных ГСЭ;

– поропласты, состоящие из сообщающихся ГСЭ, в стенках которых имеется как минимум два отверстия. Поропласты, у которых стенки ячеек отсутствуют и структура представлена каркасом из ребер ГСЭ, называют сетчатыми, ретикулярными или ретикулированными;

– синтактные (синтактические, микробаллонные) пенопласты, в которых ГСЭ представляют собой микросферы, равномерно наполняющие полимерное связующее;

– сотовые пенопласты (сотопласты), в которых ГСЭ представляет собой ячейку в форме правильного шестигранника (соты) или другой геометрической фигуры;

– поропласты с капиллярными (волокнистыми) ГСЭ, представляющими собой ячейку капиллярной (анизометричной) формы в волокнистой (нитевидной) структуре материала;

– пенопласты со смешанным типом ГСЭ.

Следует отметить, что ячеистых пенопластов, не содержащих открытых пор, не существует, поэтому в соответствии с данной классификацией в полной мере пенопластами с замкнутыми ячейками являются синтактные пенопласты, а идеально соответствуют термину «поропласты» материалы с ретикулярной структурой. В большинстве случаев к газонаполненным пластмассам, состоящим из системы полимер – газ, обладающим смешанной структурой, и к пенопластам (пенополимерам) относят материалы, для которых характерно преобладание закрытых (автономных) пор (ячеек), а к поропластам (порополимеры, губчатые пластмассы) – материалы, в структуре которых преобладают открытые поры (ячейки), в том числе капиллярные, сообщающиеся между собой и с окружающей средой. Довольно часто используют классификацию, согласно которой все газонаполненные пластмассы, состоящие из системы полимер – газ, называются пенопластами и подразделяются на закрытоячеистые (замкнутоячеистые), открытопористые и пенопласты со смешанной пористостью (пенопоропласты и поропенопласты).

Свойства пенопластов и поропластов определяются свойствами полимера, применяемого в качестве их основы, а также зависят от пористости, размера и формы пор, технологии получения. При этом для газонаполненных реактопластов характерны более высокие значения прочности, термостойкости и химической стойкости, а для газонаполненных термопластов – более высокая стойкость к ударным нагрузкам, более высокая производительность при производстве и возможность вторичной переработки. В то же время пенопласты отличаются от поропластов меньшими значениями водопоглощения и паропроницаемости, а также более высокими электро- и теплоизоляционными свойствами, однако для поропластов характерны более высокие звуко- и виброизоляционные характеристики, а их открытоячеистая структура позволяет использовать их в качестве пеносорбентов для нефтепродуктов.

Пенопласты и поропласты на основе реактопластов

Самым распространенным газонаполненным полимером является пенополиуре-

тан (ППУ), относящийся к реактопластам и представляющий собой продукт реакции смеси полиолов (преимущественно полиэфирных) с добавками (компонент А, в США – компонент Б) и диизоцианата или полиизоцианата (компонент Б, в США – компонент А). ППУ также может быть произведен из биополиолов, получаемых из различных видов растительного масла (в том числе отработанного): касторового, соевого, рапсового, подсолнечного и др., однако такой биогенный ППУ, для которого характерна биодеградация, мало распространен из-за высокой стоимости [3, 4]. Вспенивание полиуретана происходит за счет того, что при взаимодействии компонента Б с водой выделяется углекислый газ (химическое вспенивание), или за счет дополнительного введения в компонент А фреонов (хлорфторуглероды или хладоны: $CHClF_2$, CCl_3F, $CClF_3$ и т.д.), пентана, бутанола или циклоалканов (преимущественно циклопентана и циклогексана), которые испаряются за счет выделения теплоты при химических реакциях (физическое вспенивание). К другим добавкам, вводимым в состав компонента А, относятся катализаторы, пенорегуляторы, стабилизаторы, красители и антипирены. В состав компонента Б могут вводиться катализаторы и активаторы. В зависимости от соотношения и строения компонентов А и Б, скорости химических реакций при получении ППУ зависят его твердость (жесткость) и степень открытости ячеек. Различают следующие основные виды ППУ:

– Эластичный (мягкий) ППУ (поролон), который отличается открытой пористостью, низкой плотностью (8–20 кг/м^3), паропроницаемостью и высокими звукоизоляционными свойствами. Поролон применяется преимущественно в мебельной и автомобильной промышленности, используется в качестве упаковочного материала, для наполнения подушек, одежды и игрушек, а также находит применение при теплоизоляции труб, окон и стен.

– Полужесткий (твердо-мягкий, легкий, открытоячеистый) ППУ, который по своим свойствам практически аналогичен мягкому ППУ и отличается от него в основном более высокой степенью жесткости. Стоит отметить, что из-за отсутствия четких разграничений между полужестким и мягким ППУ в ряде источников все открытоячеистые ППУ относят к мягким. При вспенивании данный материал увеличивается в объеме до 100 раз. Полужесткий ППУ применяется в строительной теплоизоляции для деревянных каркасных строений при обязательной паро- и гидроизоляции, находит применение при необходимости хорошей звукоизоляции помещения. Невысокая прочность и высокое водопоглощение не позволяют применять данный материал при наружных работах и в местах возможного контакта с водой. Данный материал также применяется при производстве мягкой мебели, для изготовления формованных изделий в автомобиле-, вагоно- и авиастроении. Существует специализированная разновидность данного ППУ с закрытоячеистой структурой, но из-за высокой стоимости она применяется только в авиа- и аэрокосмической технике.

– Жесткий (твердый) ППУ (PUR), характеризующийся закрытоячеистой структурой, средней плотностью (20–7500 кг/м^3), приемлемой прочностью, малыми величинами паропроницаемости и водопоглощения. При вспенивании жесткий ППУ увеличивается в объеме до 30 раз. Данный материал широко применяют в строительной и технической теплоизоляции, теплоизоляции транспортных средств, а также в качестве упаковочного материала, в производстве конструкционно-декоративных изделий в строительстве, при производстве мебели, лодок и понтонов, формованных изделий в автомобиле-, вагоно- и авиастроении.

– Жидкий ППУ (монтажная пена), представляющий собой однокомпонентные и двухкомпонентные композиции, которые предназначены для нанесения методом напыления или заливки с получением полимера плотностью менее 20 кг/м^3 и отличаются повышенной текучестью сырьевой композиции, что облегчает ее нанесение. Однокомпонентные композиции представляют собой форполимер (предполимер), который смешан с пенообразователем (пропеллент – смесь сжиженных газов: бутан, изобутан, пропан) и при контакте с воздухом образует ППУ смешанной структуры из закрытых и открытых ячеек. Однокомпонентные композиции используются в бытовых условиях для строительной теплоизоляции при небольших объемах работ. Двухкомпонентные композиции образуют закрытоячеистую структуру, что позволяет широко использовать их в строительной (особенно в каркасном строительстве) и технической теплоизоляции. Монтажная пена применяется в основном для монтажа и уплотнения оконных и дверных блоков, уплотнения швов и стыков, заполнения пустот.

ППУ применяется для производства изделий в форме листов (плит), блоков, рулонов из мягкого ППУ, различных формованных изделий, а полужесткий и жесткий ППУ наряду с жидким ППУ применяются для строительной и технической теплоизо-

ляции методом напыления. ППУ также применяется в производстве сэндвич-панелей, термопанелей и термобруса [5, 6]. Жесткий ППУ широко применяется для производства фасонных изделий (скорлуп и сегментов), в качестве сердечника для вакуумных теплоизоляционных панелей и для производства предизолированных труб. Преимуществами ППУ являются низкая теплопроводность (λ = 0,019–0,03 Вт/м·°С для закрытоячеистых ППУ и 0,03–0,04 Вт/м·°С для открытоячеистых ППУ), долговечность (до 50 лет), широкий интервал рабочих температур (от -100 до +150 °С), легкость, химическая стойкость, биостойкость, звукоизоляционные свойства и низкое водопоглощение. Дополнительными преимуществами при напылении или заливке являются быстрота и легкость нанесения на поверхность любой формы, хорошая адгезия, исключение образования мостиков холода за счет сплошности покрытия и отсутствия крепежа. Недостатками применения ППУ являются низкая стойкость к ультрафиолету (необходимо окрашивать или применять облицовочно-декоративные покрытия, например, сайдинг), повышенная способность к тлению при возгорании и токсичность выделяемых при тлении веществ, средняя стоимость.

Фактически модифицированной разновидностью ППУ является пенополиизоцианурат (полиизоцианурат, ПИР, PIR), который получают в результате взаимодействия избыточного количества метилендифенилдиизоцианата (МДИ) с полиолами на основе сложных эфиров при повышенных температурах в присутствии катализаторов. В результате такого взаимодействия избыток МДИ полимеризуется с образованием триизоцианат-изоциануратного соединения в виде жестких кольцевых молекул с прочными и устойчивыми связями. Это соединение совместно с оставшимся МДИ реагирует с полиолом и образует полиизоцианурат. Введение в композицию вспенивающих агентов позволяет получить пенополиизоцианурат с высокой жесткостью, закрытоячеистой структурой и низкой теплопроводностью (λ = 0,021–0,023 Вт/м·°С), который во многом схож с жестким ППУ, но отличается более высокой прочностью и повышенной огнестойкостью. Пенополиизоцианурат выпускается в форме плит с наружными слоями из крафт-бумаги, стеклохолста, алюминиевой фольги и др. материалов (PIR-плит), скорлуп (в том числе двухслойных скорлуп совместно с ППУ) входит в состав композитных строительных материалов (сэндвич-панели, SIP-панели, термобрус [5]) и применяется в форме жидких композиций для напыления и заливки. Данный пенополимер широко применяется в строительной и технической теплоизоляции, а также в теплоизоляции транспортных средств.

Широко распространенным вспененным реактопластом с открытопористой структурой является пенокарбамид (карбамидные, карбамидоформальдегидные или мочевиноформальдегидные пенопласты и поропласты, известные под торговыми названиями мипора, пеноизол и экоизол), получаемый на основе водных растворов карбамидных смол с добавлением кислот (фосфорной, соляной, щавелевой и др.) в качестве катализаторов отверждения и нефтяных сульфокислот (преимущественно алкилбензосульфокислоты АБСК) в качестве пенообразователя. Для снижения горючести в композицию вводят фосфорнокислый аммоний, для снижения хрупкости, усадки и улучшения структурообразования добавляют резорцин и синтетический латекс, для стабилизации пены применяют резорцин и фосфорную кислоту, а в качестве пластификатора применяют глицерин. Возможна модификация композиции путем добавления различных полимеров, например поливинилацеталей или фенолформальдегидных смол. Также для получения пенокарбамида широко применяют агенты вспенивающе-отверждающие (АВО-1, АВО-2), представляющие собой раствор контакта Петрова (смесь нефтяных сульфокислот), ортофосфорной кислоты и резорцина в воде и в ряде случаев дополнительно содержащие поверхностно-активные вещества (ПАВ). Получают пенокарбамид беспрессовым методом без проведения термообработки путем вспенивания смеси под действием сжатого воздуха.

Преимуществами пенокарбамида являются высокие теплоизоляционные (λ = 0,023–0,047 Вт/м·°С) и звукоизоляционные свойства, термостойкость (до 95–100 °С), биостойкость, средняя химическая стойкость, хорошая паропроницаемость, низкие значения плотности (8–20 кг/м^3), горючести и стоимости. Недостатками данного материала являются низкая прочность, хрупкость, высокое водопоглощение и наличие токсичного формальдегида. Пенокарбамид выпускается в насыпном виде (гранулированный пеноизол и термовата в виде хлопьев), в форме листов и блоков, которые могут быть с фольгированными поверхностями, а также в виде жидких композиций (заливочный карбамидоформальдегидный поропласт), которые на месте проведения строительных работ позволяют заполнять пенокарбамидом различные полости,

например, в составе трехслойных стен. Пенокарбамид применяется в строительной и технической теплоизоляции, а также для теплоизоляции транспортных средств.

Достаточно распространенным видом вспененных реактопластов являются пенофенопласты (пенофенолформальдегиды, фенольные или фенолформальдегидные пенопласты и поропласты), которые могут быть получены на основе новолачных фенолформальдегидных смол с добавлением органических газообразователей (порофоры, преимущественно используют динитрил азобисизомасляной кислоты ДАК), применением уротропина в качестве отвердителя и возможностью модификации бутадиен-нитрильными каучуками для снижения хрупкости или на основе резольных фенолформальдегидных смол с добавлением бикарбоната натрия или легколетучих углеводородов в качестве вспенивающих агентов в присутствии кислот (соляная, серная, фосфорная, щавелевая и т.д.), являющихся катализаторами. Пенофенопласты на основе новолачных смол получают беспрессовым методом, а на основе резольных смол – заливочным методом [7]. Большинство пенофенопластов отличаются преимущественно открытопористой структурой, но при использовании легколетучих углеводородов (например, фреонов) в качестве вспенивающих добавок производят закрытоячеистые пенофенопласты. Стоит отметить, что при увеличении плотности число открытых пор снижается до 40 %.

Преимуществами пенофенопластов являются высокие звуко- и теплоизоляционные свойства ($\lambda = 0{,}028–0{,}031$ Вт/м·°С), термостойкость, химическая стойкость, низкие значения водопоглощения (для закрытоячеистых пенопластов) и горючести, низкая стоимость. К недостаткам данных материалов относятся высокая хрупкость и токсичность входящих в их состав фенола и формальдегида, которая ограничивает более широкое применение пенофенопластов. Применяются пенофенопласты в качестве тепло- и звукоизоляционных материалов в строительстве и производстве транспортных средств, для теплоизоляции трубопроводов, а также при изготовлении сэндвич-панелей. Для снижения хрупкости и улучшения других эксплуатационных свойств проводят модификацию пенофенопластов с помощью наполнителей (керамзит, вспученный сланец, вспученный перлит, пеностекло и др.), фурфурола, эпоксидных, эпоксидно-фенольных (эпоксидно-новолачных), фурановых и фурфуролацетоновых смол. Наиболее распространенными модифицированными пенофенопластами являются материалы с добавлением эпоксидно-фенольных смол (тилен, тилен-А, тилен-Б), которые отличаются повышенными значениями прочности, стойкости к различным факторам и применяются в качестве тепло-, термо-, звукоизоляционных и конструкционных материалов для оборудования и транспортных средств [8, 9].

Вспененным реактопластом, схожим по распространенности с пенофенопластом, является пеноэпоксид (пеноэпоксипласт, эпоксидные пенопласты и поропласты), получаемый на основе эпоксидных и эпоксидно-новолачных смол с добавлением легколетучих углеводородов в качестве вспенивающих агентов, ди- и полиаминов в качестве отвердителей. Для повышения теплостойкости пеноэпоксидов в качестве отвердителей используют ароматические полиамины (фенилендиамин, диаминодифенилметан и др.), а в качестве газообразователей – карбаматы полиаминов, азосоединения, гидразиды, боргидриды и др. Существуют разработки по использованию полиаминоалкилфенолов в качестве полифункциональной добавки, являющейся одновременно отвердителем и вспенивающим агентом [10]. Для снижения плотности пеноэпоксидов в качестве отвердителей используют комплексы фторида бора со спиртами, эфирами или аминами, а в качестве вспенивающего агента – фреоны. При добавлении ПАВ вспенивание пеноэпоксидов происходит при комнатной температуре, отверждение занимает несколько минут, а у получаемых пеноэпоксидов повышаются упругость и светостойкость. Применение вспенивания фреонами позволяет получить меньшую теплопроводность, а отвердители аминного типа повышают химическую стойкость пеноэпоксидов. Большинство пеноэпоксидов являются жесткими материалами с закрытоячеистой структурой, однако на основе олигомеров, представляющих собой продукты взаимодействия бисфенола с эпигалогенгидридами, при использовании многоатомных спиртов в качестве отвердителей, хлор- и фторалканов в качестве вспенивающих агентов с добавлением катализаторов Фриделя – Крафтса и ПАВ могут быть получены эластичные пеноэпоксиды с открытопористой структурой [11].

Преимуществами пеноэпоксидов являются механическая прочность (сравнимы с жесткими ППУ), малая плотность (не более 100 кг/м^3), высокие тепло- и звукоизоляционные свойства, высокие диэлектрические характеристики, термостойкость и широкий интервал рабочих температур (от -50 до +150 °С), химическая стойкость, низкое водопоглощение (за исключением

открытопористых пеноэпоксидов) и высокая адгезия. Недостатками пеноэпоксидов являются горючесть, уменьшение прочности и жесткости с повышением температуры, сравнительно высокая стоимость. Пеноэпоксиды на основе эпоксидно-фенольных смол отличаются повышенными эксплуатационными характеристиками. Пеноэпоксиды применяются в качестве тепло- и звукоизоляционного материала в строительстве (сэндвич-панели и теплоизоляционные плиты для кровли) и машиностроении (преимущественно для холодильных установок), для теплоизоляции труб (производство скорлуп), в качестве электроизоляционного материала в радиотехнике, в производстве конструкционных изделий в авиационной, автомобильной, судостроительной и приборостроительной промышленности.

В последнее время получают распространение закрытоячеистые вспененные реактопласты из группы пенополиимидов на основе полиимидных смол, которые представляют собой растворы полиамидокислот в алифатических амидах (преимущественно в диметилформамиде и диметилацетамиде) или диметилсульфоксиде. При производстве пенополиимидов обычно на первой стадии синтезируют полиамидокислоту в результате взаимодействия ангидридов и диангидридов тетракарбоновых кислот со смесью ароматических диаминов или диизоцианатов, а на второй стадии проводят имидизацию (преобразование амидокислоты в имидные циклы) и вспенивание под действием температуры или в результате обработки полиимидной смолы смесью ангидрида карбоновой кислоты и третичного амина.

К пенополиимидам также относятся пенополиакрилимиды и пенополиметакрилимиды (ПМИ-пенопласты), последние из которых в настоящее время наиболее распространены в данной группе пенополимеров. Пенополи(мет)акрилимиды получают на основе сополимеров метакриловой кислоты и (мет)акрилонитрила, акриловой кислоты или (мет)акриламида, содержащих нитрильные, амидные и кислотные звенья в различном соотношении с добавлением пенообразователей (карбамид, диметилкарбамид, спирты), антипиренов (полифосфат аммония, фосфорорганические и галогенированные углеводороды) и пластификаторов (фталаты, эфиры кислот и спиртов, низкомолекулярные полиэфиры) [12]. Кроме пенообразователей вспениванию композиции способствуют выделение аммиака (или метиламина) и CO_2 при термолизе поли(мет) акриламида или конденсация сополимеров с (мет)акриловой кислотой с выделением воды. В качестве пенообразователей возможно использование третбутил(мет) акрилата и третбутилового спирта, из третбутильных групп которых при термолизе образуется вспенивающий газ (изобутилен), способствующий образованию значительно меньших по размеру пор по сравнению с другими пенообразователями. Для повышения прочности в состав композиции могут вводиться акрилаты с 2–3 винильными группами, а также метилольными фрагментами в качестве сшивающих сомономеров или различные наполнители, преимущественно волокнистые. Прочность пенопласта также повышается с увеличением времени термолиза. Для лучшей растворимости и более полного разложения на аммиак (или метиламин) и CO_2 при термолизе в смесь добавляют небольшое количество воды [12].

Пенополиимиды и пенополи(мет)акрилимиды производят беспрессовым методом и в зависимости от применяемых для их получения компонентов и соотношения между ними получают жесткие и мягкие (эластичные) пенополимеры. Данные материалы отличаются высокой прочностью, широким диапазоном рабочих температур (от -196 до +350 °С), низкой горючестью, химической стойкостью, биостойкостью, стойкостью к ультрафиолетовым лучам, высокими диэлектрическими характеристиками, низкими значениями газопроницаемости и водопоглощения [13–15]. Основным недостатком данной группы пенопластов является высокая стоимость. Пенополиимиды и пенополи(мет)акрилимиды выпускают в форме листов или используют в качестве среднего слоя в составе сэндвич-панелей. Жесткие разновидности данных материалов применяют для изделий конструкционного и радиотехнического назначения, а эластичные – для теплоизоляционных изделий в судостроении, вагоностроении, приборостроении, электронике, авиакосмической и атомной промышленности [13–15].

Пенопласты и поропласты на основе термопластов

Вторым по распространенности пенополимером после ППУ и первым по распространенности среди вспененных термопластов является пенополистирол (ППС), который является закрытоячеистым материалом и производится из полистирола или его производных (полидихлорстирол, полимонохлорстирол). В зависимости от способа получения различают:

– Беспрессовый ППС (вспененный ППС, стиропор или EXP – Expanded PolyStyrene),

получаемый путем предвспенивания гранул из суспензионного полистирола за счет испарения содержащихся в них жидких вспенивающих добавок (дихлорметана, пентана, изопентана) при обработке водяным паром с последующим окончательным вспениванием и спеканием гранул в блок-формах. Разновидностью данного материала является неопор, отличающийся от стиропора наличием микрочастиц графита, которые отражают инфракрасное и ультрафиолетовое излучения, тем самым повышая теплоизоляционные свойства ППС [16, 17]. По сути, еще одной разновидностью данного материала является автоклавный ППС, для получения которого спекание гранул полистирола проводится в автоклаве.

– Прессовый ППС, получаемый при смешивании полистирола с твердыми газообразователями (порофоры: ДАК, карбонат аммония), последующими горячим прессованием, при котором порофоры разлагаются с равномерным распределением газа по заготовке и вспениванием заготовки в обогреваемой камере. В настоящее время прессовый ППС практически не используется, так как по сравнению со стиропором стоимость его производства выше, а свойства практически аналогичны, хотя у прессового ППС несколько выше плотность и прочность.

– Экструдированный (экструзионный) ППС (XPS – eXtruded PolyStyrene, известен под торговыми названиями пеноплекс, техноплекс), получаемый из гранул суспензионного полистирола с добавлением газообразующих добавок (фреоны или бесфреоновые системы на основе CO_2), которые при плавлении гранул в экструдере разлагаются с образованием газов, и имеющий в результате экструзии монолитную мелкопористую структуру. Разновидностью данного материала является автоклавно-экструзионный ППС, для получения которого проводится обработка экструдата в автоклаве.

К преимуществам ППС относятся легкость, низкие значения теплопроводности ($\lambda = 0{,}029–0{,}038$ Вт/м·°С) и водопоглощения, хорошие звукоизоляционные свойства, низкая стоимость, а изделия из ППС можно применять при температурах от -180 до +80 °С. К недостаткам ППС относятся низкая стойкость к ультрафиолету и растворителям, горючесть и токсичность продуктов горения, способность с течением времени выделять токсичный стирол, склонность к окислению на воздухе, низкая паропроницаемость и сравнительно невысокая прочность. Если сравнивать стиропор и экструдированный ППС, то последний отличается более высокой прочностью при более низком водопоглощении, теплопроводность этих материалов практически одинакова, а стоимость стиропора ниже. ППС выпускается в виде гранул (стиропор, неопор), листов (плит, в том числе с фольгированной поверхностью для отражения теплового излучения, с рельефной поверхностью и со специальными креплениями для монтажа), блоков, фасонных (скорлуп) и формованных изделий, используется в качестве сердечника для вакуумных теплоизоляционных панелей и применяется в производстве композитных строительных изделий: сэндвич-панелей, термопанелей, SIP-панелей и термобруса. Изделия из ППС широко используются для строительной и технической теплоизоляции, в качестве несъемной опалубки и при теплоизоляции транспортных средств. ППС также используется в качестве звукоизоляционного, амортизационного и упаковочного материала, в производстве плавучих средств, литьевых форм, лотков для пищевых продуктов. Гранулы и дробленая крошка ППС применяются в качестве наполнителя для бетонов, бескаркасной мебели и игрушек, в качестве транспортировочного материала для хрупких грузов, для насыпной тепло- и звукоизоляции [18].

Широко распространенным на сегодняшний день газонаполненным полимером является пенополиэтилен (ППЭ), для получения которого используют в основном полиэтилен высокого давления (ПЭВД, ПВД), но ППЭ может быть получен и из полиэтилена низкого давления (ПЭНД, ПНД). ППЭ может быть как закрытопористым, получаемым в результате введения в полимерный расплав газов (бутан, изобутан, пропан или фреон), так и открытопористым, получаемым в результате вымывания нагретой водой или кислотой растворимого наполнителя (хлористый натрий, крахмал и др. [19]). В зависимости от молекулярной структуры различают:

– Несшитый ППЭ (НПЭ), который характеризуется линейной структурой и крупными порами, отличается хорошими теплоизоляционными свойствами ($\lambda = 0{,}045–0{,}055$ Вт/м·°С), но легко деформируется и после снятия нагрузки практически не восстанавливает форму. Редко применяется в строительстве и в основном используется в качестве упаковочного материала.

– Сшитый ППЭ, который получают химическим методом (ХППЭ) за счет введения в расплав перекиси водорода или физическим методом (ФППЭ) за счет воздействия пучка электронов на расплав. Сшитый ППЭ

отличается сетчатой структурой с дополнительными боковыми связями, малым размером пор, высокими теплоизоляционными свойствами (λ = 0,031–0,039 Вт/м·°С), более высокими значениями плотности и прочности. При этом ФППЭ отличается более высокой прочностью и отличается эластичностью, но его стоимость также выше.

К преимуществам ППЭ относятся химическая стойкость, биостойкость, высокие диэлектрические и звукоизоляционные свойства, низкое водопоглощение (для закрытопористого ППЭ), хорошие упругость и эластичность (за исключением НПЭ), низкая токсичность продуктов горения. Интервал рабочих температур данного материала находится в диапазоне от -60 до +100 °С. К недостаткам ППЭ относятся горючесть, легкость воспламенения и низкая стойкость к ультрафиолетовому излучению. Изделия из ППЭ выпускаются в виде рулонов, фасонных изделий (цилиндров с разрезом и без него), компенсационных матов и жгутов. Рулонный сшитый ППЭ в большинстве случаев выпускается с дополнительным покрытием с одной или двух сторон из фольги, металлизированной пленки или металлизированных волокон из лавсана (применяется для технической теплоизоляции), а также с покрытиями из ламинированной или мелованной бумаги или картона (применяется для строительной теплоизоляции). Среди фольгированных видов ППЭ широко известны торговые названия пенолон (также бывает с подложкой из ламинированной бумаги), пенофол (пенофольга), термофол, тепофол, а также мерилон (утеплитель для труб), который может быть фольгированным и нет. ППЭ применяется в строительной и технической теплоизоляции, для теплоизоляции транспортных средств, в качестве гидро- и звукоизоляционного, упаковочного, уплотнительного, прокладочного и амортизационного материалов, а также находит применение в ортопедии.

Относительно распространенным на сегодняшний день газонаполненным полимером является пенополивинилхлорид (ППВХ), который получают из поливинилхлорида (ПВХ) с использованием азобисизобутиронитрила (ДАК или ЧХЗ-57), углекислого аммония, бикарбоната натрия или легколетучих жидкостей (например, фреонов) в качестве газообразователей. В связи с низкой температурой деструкции ПВХ, близкой к температуре размягчения полимера, в состав композиций вводятся пластификаторы (диоктилфталат, дибутилфталат или трикрезилфосфат), а из-за низкой эластической деформации при высоких температурах (низкой текучести) – мономеры, являющиеся временными пластификаторами (преимущественно метилметакрилат). С повышением количества мономера относительно количества пластификатора повышается жесткость получаемого пенопласта, а с повышением количества пластификатора относительно количества мономера увеличивается эластичность ППВХ. Таким образом, из непластифицированного ПВХ получают жесткий (твердый) ППВХ, а из пластифицированного – эластичный (мягкий) и полужесткий. В качестве частичной замены пластификаторов для повышения эластичности в ряде случаев используют бутадиен-нитрильные каучуки. Плотность ППВХ повышается с увеличением молекулярной массы ПВХ. Для формирования сетчатой структуры с получением сшитого ППВХ (пеноизовинил) в состав композиции вводят толуилендиизоцианат и малеиновый ангидрид. ППВХ по аналогии с ППС получают беспрессовым, прессовым и экструзионным методами, последний из которых наиболее распространен. При двухстадийных способах прессования и экструзии, которые заключаются во вспенивании сформованных заготовок при повторном нагреве, в отличие от одностадийных способов получают открытопористый ППВХ, называемый винипором.

Преимуществами ППВХ являются легкость, средняя прочность, химическая стойкость, атмосферостойкость, водостойкость, низкое водопоглощение, хорошие звуко- и электроизоляционные свойства, низкая теплопроводность (λ = 0,035–0,058 Вт/м·°С), низкая горючесть и способность к самозатуханию. К недостаткам данного материала относятся узкий интервал рабочих температур (от -60 до +60 °С), выделение хлороводорода при горении и возможность выделения хлороводорода при частичном разложении, приводящая к коррозии металлических поверхностей. Изделия из жесткого ППВХ выпускают в форме плит, скорлуп и сегментов, а из эластичного ППВХ – в форме листов и рулонов. ППВХ применяется в строительной и технической теплоизоляции, для теплоизоляции транспортных средств, для звукоизоляции, при производстве плавучих средств, а эластичные разновидности также используются в качестве уплотняющих и амортизационных материалов. Стоит отметить, что существуют разновидности микропористого ППВХ, которые получают путем спекания ПВХ (мипласт), вымывания содового наполнителя (пластипор), либо готовят из смеси ПВХ, крахмала и циклогексанона (поровинил) с последовательными вымыванием циклогексанона, набуханием крахмала в горячей воде, об-

работкой крахмала в щелочи и гидролизом крахмала в воде. Эти разновидности ППВХ применяют для изготовления сепараторов для автомобильных аккумуляторов [20].

Распространенным на сегодняшний день вспененным полимером является пенополипропилен (ППП, пористый полипропилен, пенопропилен), получаемый в результате высокотемпературной (около 240 °С) обработки полипропилена с добавлением вспенивающей добавки (толуолсульфонилсемикарбазид) с получением отдельных мелкодисперсных шарообразных гранул, спекания гранул под действием горячего пара при высоком давлении с образованием закрытоячеистой структуры и дальнейшей экструзии через устройства щелевого типа. Особенностью технологии получения ППП является набор прочности и твердости материалом в течение около 2 дней после производства. Изделия из ППП выпускаются в виде листов и рулонов, которые в большинстве случаев производят с покрытиями из фольги, металлизированных волокон или пленки из лавсана (композитные EPP, в том числе фольгированный ППП с торговым названием пенотерм) или обычного полипропилена (облегченный полипропилен). Преимуществами ППП являются высокие теплоизоляционные свойства ($\lambda = 0{,}0344$ Вт/м·°С), низкая плотность (40 кг/м^3), малое водопоглощение, средняя прочность, упругость, высокие паро-, звуко-, вибро- и электроизоляционные характеристики, биостойкость, химическая стойкость, широкий интервал рабочих температур (от -40 до +150 °С), низкая тепловая усадка, стабильность свойств в течение эксплуатации и низкая токсичность продуктов горения. Недостатками ППП являются хрупкость при низких температурах и горючесть. Изделия из ППП применяются в строительной гидро- и теплоизоляции, в том числе в помещениях с повышенной влажностью, в технической теплоизоляции и при теплоизоляции транспортных средств. ППП может входить в состав сэндвич-панелей, а также применяется в качестве звукоизоляционного, упаковочного, уплотнительного, прокладочного и амортизационного материалов.

Особые разновидности пенопластов

Особую группу газонаполненных пластмасс составляют интегральные пенопласты, которые также называют структурными, структурированными, поверхностно-уплотненными, подвспененными и частично вспененными. Интегральные пенопласты представляют собой материалы с анизотропной структурой, состоящей из пористого внутреннего слоя (сердцевины), постепенно переходящей в монолитный поверхностный слой (корку). Различают однокомпонентные (сердцевина и наружный слой выполнены из одного полимера) и многокомпонентные (сердцевина и наружный слой выполнены из двух или трех разных полимеров) интегральные пенопласты, которые получают преимущественно на основе полиуретанов, а также на основе полистирола, акрилонитрилбутадиенстирола (АБС-пластика), полиэтилена, поливинилхлорида, поликарбоната, полисульфона, полиформальдегида и др. полимеров и сополимеров. Интегральные пенопласты отличаются повышенными жесткостью и прочностью, низким водопоглощением и применяются в производстве корпусной мебели, строительных изделий (панелей, оконных и дверных рам, кровельных балок и пр.), в автомобилестроении, авиации, электротехнике, обувной промышленности и пр. Существуют исследования по возможности применения интегральных пенополиуретанов в теплоизоляции трубопроводов [21].

Особыми разновидностями пенопластов являются смешанные пенопласты, представляющие собой материалы на основе нескольких полимеров, и многослойные пенопласты (пеноламинаты), состоящие из нескольких слоев, которые выполнены из разных пенопластов и соединены путем склеивания, сплавления, сварки и др. методов. Также существуют армированные и наполненные разновидности газонаполненных пеноматериалов [22, 23].

Синтактные пенопласты (сферопластики) получают при добавлении в полимерное связующее (эпоксидные и полиэфирные смолы, полиуретаны, кремнийорганические и др. связующие) полых сферических наполнителей (микросфер диаметром 10–2000 мкм или реже макросфер диаметром 5–40 мм) с последующим отверждением. Наиболее широко применяют стеклянные (стеклосферы, эккосферы), алюмосиликатные (ценосферы, зольные микросферы, микросферы энергетических зол – стеклокристаллические микросферы, образующиеся при высокотемпературном сжигании угля), фенолформальдегидные микросферы и макросферы. Менее распространены углеродные микросферы и макросферы, получаемые путем пиролиза микросфер из полимеров с высоким коксовым числом, а также полые сферические наполнители из керамики, диоксида кремния, диоксида циркония, эпоксидной смолы, хитозана, полистирола, акрилатов и др. материалов. По сути, к синтактным пенопластам также может быть отнесен поропе-

нопласт, получаемый при наполнении полиэфирных смол гранулами пеностекла. Для повышения водостойкости сферопластиков применяют нанесение на поверхность наполнителя слоя силанов (аппретирование микросфер).

Преимущества и недостатки синтактных пенопластов определяются видами связующего и сферического наполнителя, соотношением между ними, размером частиц наполнителя и толщиной его стенок. Сферопластики отличаются средними теплоизоляционными свойствами (λ = 0,042–0,1 Вт/м·°С), жесткостью, прочностью и низким водопоглощением, а их основными недостатками являются сравнительно высокая плотность (200–800 кг/м^3) и хрупкость. Синтактные пенопласты применяются как конструкционные и теплоизоляционные материалы для сотовых и многослойных конструкций в строительстве, судо- и автомобилестроении, авиации и космической технике, а также для теплоизоляции трубопроводов, в производстве плавучих средств и мебели [1, 24, 25].

Сотопласты представляют собой каркасные конструкции из упорядоченно чередующихся ячеек определенной формы (шестигранник, квадрат, прямоугольник и др.), открытых с обоих торцов. Каркас сотопласта изготавливают из крафт-бумаги, хлопчатобумажной ткани, алюминиевой фольги, стеклоткани, арамидной бумаги, полимерных пленок и др. материалов. Каркас сотопласта получают склеиванием или химической сваркой из отдельных гофрированных элементов, путем растяжки пакета из рулонной заготовки, слои которой склеивают по клеевым полосам, или методом объемного ткачества. В результате любого из этих способов получают сотоблок, который нарезают на заготовки требуемой ширины. Материал каркаса для повышения жесткости пропитывают фенолформальдегидными (сотофенопласт), эпоксидными или карбамидными смолами. Возможна сборка сотопласта из непропитанных элементов, но в таком случае пропитывают связующим уже сотопластовую конструкцию. В пропиточный состав иногда включают антипирены, а ячейки сотопласта для повышения тепло- и звукоизоляционных свойств могут быть заполнены насыпным пенокарбамидом [26], силипором (сотосилипором) [27], а также пенопластами путем заливки или вспенивания композиции непосредственно в ячейках [28].

Свойства сотопластов во многом определяются материалом каркаса, размером и формой ячеек. Сотопласты характеризуются высокими теплоизоляционными свойствами, которые при низких температурах зависят от материала каркаса, а при высоких – от конвекции в ячейках. В целом для сотопластов характерна высокая прочность при приложении нагрузки перпендикулярно открытым торцам ячеек и хорошие звукоизоляционные свойства. К общим недостаткам сотопластов относятся высокое водопоглощение и малая прочность. Сотопласты применяют в составе отделочных, конструкционных, звуко- и теплоизоляционных сэндвич-панелей для использования в строительстве, авиа- и судостроении, изготовлении космических кораблей и криогенной техники. В строительстве сотопласты также используют для получения облегченных трехслойных ограждающих конструкций и дверей.

Пеноэластомеры

К пеноэластомерам относятся эластичные пенопласты и поропласты, рассмотренные выше, а также пористые резины (пенорезины). В первую очередь к пенорезинам относятся материалы на основе натуральных и синтетических (натрий-бутадиеновый, стирольный, хлоропреновый, этилен-пропиленовый каучуки и их комбинации с нитрильным и изопреновым) каучуков, для получения которых в состав композиции наряду с наполнителями, пластификаторами и вулканизирующими добавками вводят газообразующие добавки, способные разлагаться при температурах, близких к температурам вулканизации. При использовании органических газообразователей и вулканизации при высоком давлении получают ячеистые резины с замкнутыми порами, а при использовании неорганических газообразователей (например, бикарбонат натрия) и вулканизации при обычном давлении образуются пористые (губчатые) резины с сообщающимися порами. Для получения пенорезин из водных эмульсий частиц каучука (латексы) газообразователи не применяют, а получают вспененную структуру за счет механического перемешивания с последующими желатинизацией и вулканизацией пены. Пенорезины на основе каучуков отличаются малым размером пор (0,2–0,4 мм, существуют микропористые резины с размером ячеек около 0,4 мкм), средней плотностью (60–800 кг/м^3), высокой эластичностью, высокими электро-, вибро-, звуко- и теплоизоляционными (λ = 0,035–0,045 Вт/м·°С) свойствами. Недостатками пенорезин являются способность к выкрошиванию и усадка со временем. Пенорезины изготавливают в виде листов, рулонов (в том числе самоклеящихся со слоем фольги или с пле-

ночными покрытиями), профилей, лент, цилиндров и применяют в качестве уплотнителей, герметизирующих прокладок, шумо-, вибро- и электроизоляции, теплоизоляции трубопроводов, теплоизоляционных слоев в составе напольных покрытий, подошвенных материалов, для изготовления сидений и матрацев. К особым разновидностям пористых резин относятся:

– пеноэбонит, получаемый из резиновых смесей с использованием большого количества серы в качестве вулканизирующей добавки и отличающийся высоковулканизированной структурой, высокой химической стойкостью, диэлектрическими свойствами, прочностью и жесткостью до температур 60–120 °С (при более высоких температурах пеноэбонит становится эластичным и подвергается деформации с сохранением формы после снятия нагрузки);

– оназот, получаемый из мягких резиновых и эбонитовых смесей путем вспенивания подаваемым под давлением азотом с частичной вулканизацией в автоклавах с последующими снятием давления (при этом растворенный азот вспенивает смесь) и вулканизацией под давлением на прессах. Оназот отличается высокой водостойкостью и низкой гигроскопичностью.

Пеноэбонит и оназот применяют в качестве тепло- и звукоизоляционных, амортизационных материалов в транспортных средствах и строительстве. Оназот применяется для теплоизоляции холодильных установок и трубопроводов.

К пенорезинам также относятся эластичные (упругоэластичные) пеноорганосилоксаны (пенополиорганосилоксаны, пеносилоксаны, пеносиликоны) с закрытоячеистой структурой, которые получают на основе кремнийорганических (силиконовых) каучуков, преимущественно сополимеров диметилсиландиола с метилвинил(или фенил)силандиолом, с применением в качестве газообразователей органических порофоров (ДАК, карбонат аммония, бикарбонат натрия и др.) или полиалкилгидросилоксанов (например, полиэтил- или полиметилгидросилоксаны), которые выделяют водород при взаимодействии с амино- и гидроксилсодержащими соединениями [29]. Вспенивание силиконовых каучуков также проводят путем подачи азота под давлением. В состав смесей дополнительно вводят ускорители и катализаторы (четвертичные аммонийные соли силанолов, соли и гидроокиси щелочных металлов, амины, олигоамиды и т.д.), а для повышения прочности добавляют наполнители (стеклянные и асбестовые волокна, молотый асбест, кварц и др.), а также получают пенорезины из смесей силиконовых каучуков с эпоксидными и фенолоформальдегидными смолами или полиуретанами. Вулканизирующими агентами в составе силиконовых резиновых смесей являются пероксиды. Кроме эластичных пеносиликонов существуют следующие разновидности [29]:

– жесткие пенополиорганосилоксаны, получаемые на основе сополимеров метилфенилсиландиола и фенил(или метил)силантриола и отличающиеся высокой прочностью;

– пеногерметики, получаемые на основе полиметил- или полиметилфенилсилоксановых каучуков с добавлением упрочняющих наполнителей, водород- и гидроксилсодержащих компонентов, оловоорганического катализатора. Для получения пеногерметика компоненты перемешивают, заливают или шприцуют в герметизируемый объем. После индукционного периода одновременно происходят вспенивание и вулканизация смеси.

Преимуществами пеносиликонов являются эластичность (кроме жестких пеносиликонов) и сохранение свойств в широком температурном интервале (от -100 до +250 °С), химическая стойкость, высокие электроизоляционные свойства и низкая горючесть. К недостаткам пеносиликонов относятся тепловое старение при отсутствии воздуха или в среде перегретой воды или пара, а также высокая стоимость. Пеносиликоны применяются в качестве тепло- и электроизоляционных материалов в конструкциях, работающих при высоких температурах, а также в качестве уплотняющих, амортизирующих и звукоизоляционных материалов, для создания огнезащитных перегородок и в технической теплоизоляции.

К пеноэластомерам также относятся эластичные термопластичные пенополиуретаны (ТППУ, TPU, пенотермополиуретаны), которые представляют собой линейные блок-сополимеры из чередующихся мягких (эластичных, низкополярных, полиэфирных или полиэстеровых) сегментов, образующихся в результате реакции между длинноцепочечным диолом (полиолом) и диизоцианатом, и жестких (твердых, высокополярных, ароматических или алифатических) сегментов, образующихся в результате реакции между короткоцепочечным диолом (удлинитель цепи) и диизоцианатом. Сегменты связаны между собой ковалентными связями, а роль поперечных связей (так называемые «псевдосшивки») между молекулами выполняют силы притяжения между высокополярными сегментами соседних молекул, образующие так называемые кристаллические (псевдокристалли-

ческие) области внутри эластичной матрицы полимера. При нагреве «псевдосшивки» исчезают, что и создает термопластичность данного материала. Жесткие сегменты придают ТППУ прочность, а мягкие – эластичность, поэтому варьируя соотношение компонентов, образующих эти сегменты, можно изменять свойства материала, получая его высокоэластичные и жесткие разновидности. На жесткость и эластичность ТППУ также влияет выбор диизоцианата, например применение МДИ способствует образованию жестких сегментов.

По своим свойствам ТППУ во многом аналогичен ППУ. Разновидностью данного материала является вязкоэластичный ППУ, обладающий эффектом памяти, что позволяет ему принимать форму воздействующего на него предмета и очень медленно восстанавливать форму после снятия нагрузки. К преимуществам ТППУ относятся сочетание высоких значений прочности, эластичности и абразивной стойкости, стойкость к ультрафиолету (за счет алифатических сегментов), низкая горючесть, химическая стойкость, атмосферостойкость и низкотемпературная ударная вязкость. Основным недостатком ТППУ является высокая цена. ТППУ применяется для изготовления звуко-, виброизоляционных и уплотнительных материалов в машиностроении, обивочных (для тепло- и звукоизоляции) материалов в автомобилестроении, в производстве подошвенных материалов, сидений, матрацев и подушек.

Прочие газонаполненные полимерные материалы и изделия

К газонаполненным пластмассам с капиллярными ГСЭ относятся нетканые утеплители из полиэфирных волокон, которые объединяют под общим названием синтепон и выпускают как из первичного, так и из вторичного полимерного сырья. Для получения полиэфирных волокон используется преимущественно полиэтилентерефталат (ПЭТ, ПЭТФ, полиэстер, лавсан). К разновидностям полиэфирного утеплителя относятся шерстепон (шерстин), получаемый из смеси натуральных шерстяных и синтетических полиэфирных волокон, синтепух, выпускаемый из полиэфирных волокон методом вычесывания, холлофайбер (в строительстве также известны политерм и политекс), получаемый из полых полиэфирных волокон, синтепласт, получаемый из полиэфирных и силиконовых волокон, а также шелтер и тинсулейт, получаемые из тонких полиэфирных волокон. Синтепух, холлофайбер, шелтер и тинсулейт в большинстве случаев производят с силиконизированной поверхностью для гидрофобизации волокон, повышения их прочности и эластичности. Разновидности синтепона получают термоскреплением (материалы, полученные данным методом, называют евросинтепон), при котором волокна во время нагрева скрепляются между собой за счет плавления их наружных слоев, иглопробивным методом (материалы, полученные данным методом, называют синтоватин, синтеватин, синтетический ватин), при котором полотно пробивается специальными иглами и волокна спутываются за счет их движения, и клеевым (эмульсионным) методом. Синтепон из вторичного сырья и синтепон, получаемый клеевым способом, отличаются более низким качеством. К преимуществам полиэфирных утеплителей относятся высокие теплоизоляционные свойства (λ = 0,029–0,039 Вт/м ·°С), легкость, упругость, эластичность и биостойкость. У разновидностей синтепона прочность, паропроницаемость, водопоглощение, долговечность и стоимость в зависимости от состава и технологии производства могут изменяться от низких значений до высоких, а к общим недостаткам относятся горючесть и сложность монтажа на вертикальные поверхности. Синтепон применяется как наполнитель для одежды, обуви (дутиков), спальных принадлежностей, игрушек, в качестве фильтрующего материала, а также применяется в форме матов и рулонных материалов для теплоизоляции труб, в строительной теплоизоляции (преимущественно для утепления крыш и потолков) и звукоизоляции.

К газонаполненным пластмассам с капиллярными ГСЭ также относится группа материалов, объединяемых под названием геотекстиль. Эти материалы, относящиеся к геосинтетическим, представляют собой тканые (геоткань) и нетканые полотна из одной непрерывной (бесконечной) нити (мононити) или коротких (штапельных) волокон на основе полипропиленовых и полиэфирных (реже полиэтиленовых, полиамидных) волокон или их смесей. Для производства геотекстиля используют как первичное, так и вторичное сырье, а в состав смесей также включают отходы текстильной (вискоза, хлопок, шерсть) и бумажной (целлюлоза) промышленности. В ряде случаев для повышения прочности в состав геотекстиля вводят стекловолокно, а для модификации его характеристик проводят пропитку полимерными смолами или латексом. Нетканый геотекстиль получают из ориентированных или неориентированных (хаотично расположенных) волокон иглопробивным методом (наиболее известен иглопробивной гео-

текстиль из полипропилена под торговым названием дорнит), термоскреплением, гидроскреплением (спутывание волокон происходит под действием тонкоструйного потока воды с высоким напором), а также при помощи термофиксации иглопробивного полотна горячим воздухом. Также существуют технологии по получению вязаных (плетеных) полотен (геотрикотажа) путем петлевого переплетения волокон, однако такое полотно отличается низкой прочностью на разрыв, что ограничивает его использование по сравнению с тканными и нетканными полотнами. К преимуществам геотекстиля относятся низкая теплопроводность, хорошие звукоизоляционные свойства, эластичность, прочность на разрыв, химическая стойкость, биостойкость, устойчивость к ультрафиолету и факторам окружающей среды, легкость монтажа, долговечность, возможность пропускать, но не впитывать воду, а также сравнительно невысокая стоимость. При этом полипропиленовое волокно в составе геотекстиля отличается более высокой прочностью, химической стойкостью и устойчивостью к перепадам температур, но под воздействием ультрафиолета становится хрупким, применение вторичного сырья снижает характеристики материала, а использование отходов текстильной и бумажной промышленности понижает биостойкость, стойкость к факторам окружающей среды и долговечность. Геотекстиль выпускается в виде рулонов и применяется для создания армирующих, несущих, защитных, разделительных, фильтрующих и дренирующих слоев в техническом и дорожном строительстве, в ландшафтном дизайне, при строительстве гидротехнических сооружений (мосты, дамбы, каналы и т.д.), гидроизоляции фундаментов, в качестве укрывного мульчирующего материала в сельском хозяйстве, а также используется для строительной тепло- и звукоизоляции, для прокладки коммуникаций, в производстве мягкой мебели, фильтров, одежды, обуви, линолеумов и ковролинов.

К нетканым материалам на основе полипропиленовых или полиэфирных волокон также относится синтетический (искусственный) войлок, получаемый иглопробивным методом или термоскреплением. По своим свойствам этот материал практически аналогичен нетканому геотекстилю и по сути отличается от него тем, что применяется как прокладочный, тепло- и звукоизоляционный материал в машиностроении, нефтехимическом и сталелитейном производствах, в строительстве, в производстве мебели и матрацев. Разновидностью синтетического войлока является термовойлок (термопрессованный войлок), который получают из смеси акриловых или полипропиленовых волокон с натуральным волокном (шерсть, лен, джут) и применяют преимущественно в производстве мягкой мебели и матрацев.

По своей сути к газонаполненным пластмассам с ячеистыми ГСЭ могут быть отнесены воздушно-пузырчатые пленки (ВПП, воздушно-пузырьковые, пузырьковые пленки), изготавливаемые из первичного или вторичного ПЭНД и представляющие собой многослойные конструкции, в которых один или несколько слоев пленки имеют выступы, формирующие воздушные камеры (пузырьки). Этот слой или слои с одной или двух сторон закрыты одним или несколькими (до четырех) слоями пленки. Однослойные и двухслойные ВПП могут иметь покрытие из металлизированного полипропилена, крафт-картона или фольги или комбинированы с ППЭ. Преимуществами ВПП являются высокие амортизирующие, гидро- и теплоизоляционные ($\lambda = 0{,}031$ Вт/м·°С) показатели, светостойкость (при наличии светостабилизаторов), легкость, биостойкость, химическая стойкость, прочность, эластичность и низкая цена. К недостаткам ВПП можно отнести паронепроницаемость (преимущество для парниковых разновидностей), возможность механического повреждения целостности пузырьков и горючесть. ВПП применяются в качестве упаковочного материала, покрытия теплиц и бассейнов. Металлизированные и фольгированные (мультифольга) разновидности применяются для теплоизоляции трубопроводов, как гидро-, звуко- и теплоизоляционный материал в строительстве.

Заключение

Как следует из представленной в данной работе информации, газонаполненные полимерные материалы и изделия отличаются большим разнообразием свойств и форм применения, что позволяет эффективно использовать их во многих областях человеческой деятельности. Общими преимуществами данных материалов являются легкость, высокие тепло- и звукоизоляционные свойства, хорошие значения химической стойкости и биостойкости. К общим недостаткам рассматриваемых материалов относятся средняя термостойкость, горючесть, явление старения полимеров под действием факторов окружающей среды (ультрафиолет, температура, кислород, вода и т.д.), определенная токсичность продуктов горения и разложения. Преимущества газонаполненных полимеров могут быть усилены, а недостатки уменьшены за счет моди-

фикации полимеров, на основе которых они получаются. С учетом преимуществ и недостатков, приемлемой стоимости и высокой производительности процессов получения данных материалов они остаются востребованными, а их свойства, составы и технологии получения постоянно развиваются и совершенствуются.

Список литературы

1. Колосова А.С., Сокольская М.К., Виткалова И.А., Торлова А.С., Пикалов Е.С. Современные полимерные композиционные материалы и их применение // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2018. № 5. С. 245–256.

2. Сокольская М.К., Колосова А.С., Виткалова И.А., Торлова А.С., Пикалов Е.С. Связующие для получения современных полимерных композиционных материалов // Фундаментальные исследования. 2017. № 10–2. С. 290–295.

3. Kurańska M., Polaczek K., Auguścik-Królikowska M., Prociak A., Ryszkowska J. Open-cell rigid polyurethane biofoams based on modified used cooking oil. Polymer. 2020. Vol. 190. Article 122164.

4. Kattiyaboot T., Thongpin C. Effect of Natural Oil Based Polyols on the Properties of Flexible Polyurethane Foams Blown by Distilled Water. Energy Procedia. 2016. Vol. 89. P. 177–185.

5. Павлычева Е.А., Пикалов Е.С. Современные энергоэффективные конструкционные и облицовочные строительные материалы // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2020. № 7. С. 76–87.

6. Павлычева Е.А., Пикалов Е.С. Характеристика современных материалов для облицовки фасадов и цоколей зданий и сооружений // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2020. № 4. С. 55–61.

7. Торлова А.С., Виткалова И.А., Пикалов Е.С. Технологии производства, свойства и области применения композиций на основе фенолформальдегидных смол // Научное обозрение. Технические науки. 2017. № 2. С. 96–114.

8. Дворко И.М. Пенопласты и поропласты на основе новолачных фенолоформальдегидных композиций (обзор) // Пластические массы. 2003. № 7. С. 17–20.

9. Дворко И.М., Мохов М.В. Пенопласты нового поколения // Аналитический портал химической промышленности «Новые химические технологии». [Электронный ресурс]. URL: http://www.newchemistry.ru/letter.php?n_id=959 (дата обращения 06.10.2020).

10. Медведева К.А., Милославский Д.Г., Черезова Е.Н., Готлиб Е.М. Изучение процесса вспенивания эпоксидной смолы в присутствии новых полиаминоалкилфенолов, выполняющих функции отвердителя и вспенивающего агента // Бутлеровские сообщения. 2015. № 1. С. 96–100.

11. Берлин А.А., Шутов Ф.А. Пенополимеры на основе реакционноспособных олигомеров. М.: Химия, 1978. 296 с.

12. Дятлов В.А. Акрилимидобразующие полимеры: синтез, свойства и применение: дис. … докт. хим. наук. Москва, 2015. 496 с.

13. Бейдер Э.Я., Петрова Г.Н., Изотова Т.Ф., Гуреева Е.В. Композиционные термопластичные материалы и пенополиимиды // Труды ВИАМ. 2013. № 11. С. 1.

14. Каблов Е.Н., Бейдер Э.Я., Петрова Г.Н., Столянков Ю.В., Румянцева Т.В. Пенополиимиды // Труды ВИАМ. 2015. № 4. С. 9.

15. Петрова Г.Н., Перфилова Д.Н., Малышенок С.В., Кузнецова К.Р. Влияние масштабного фактора на уровень свойств пенополиакрилимида // Труды ВИАМ. 2018. № 6 (66). С. 39–47.

16. Дрогомирецкий А.В. Инновационные строительные материалы как инструмент стратегического развития отрасли // Фотинские чтения. 2014. № 1. С. 113–118.

17. Бегляров А.Э., Землянушнов Д.Ю., Жабин Д.В. Неопорбетон объемного прессования // Приволжский научный журнал. 2012. № 3. С. 75–79.

18. Cadere C.A., Barbuta M., Rosca B., Serbanoiu A.A., Burlacu A., Oancea I. Engineering properties of concrete with polystyrene granules. Procedia Manufacturing. 2018. Vol. 22. P. 288–293.

19. Бакирова И.Н., Зенитова Л.А. Газонаполненные полимеры: учебное пособие. Казань: Изд-во Казан. гос. технол. ун-та, 2009. 105 с.

20. Ибрагимов Р.Г., Нефедьев Е.С., Галлямов Р.Т., Хайруллин М.И. Современные технологии производства сепараторов для аккумуляторных батарей из полимерных материалов // Вестник Казанского технологического университета. 2017. № 18. С. 52–64.

21. Галиуллин М.М., Баязитов М.И., Репин В.В., Хафизов Ф.М. Использование интегральных пенопластов для повышения эффективности изоляции трубопроводов // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2015. № 3. С. 314–329.

22. Кахраманлы Ю.Н. Пенополимерные нефтяные сорбенты. Экологические проблемы и их решения. Баку: «Элм», 2012. 305 с.

23. Берлин А.А., Шутов Ф.А. Упрочненные газонаполненные пластмассы. М.: Химия, 1980. 224 с.

24. Afolabi L.O., Ariff Z.M., Hashim S.F.S., Alomayri T., Mahzan S., Kamarudin K.-A., Muhammad I.D. Syntactic foams formulations, production techniques, and industry applications: a review // Journal of Materials Research and Technology. 2020. Vol. 9. Iss. 5. P. 10698–10718.

25. Соколов И.И., Коган Д.И., Раскутин А.Е., Бабин А.Н., Филатов А.А., Морозов Б.Б. Многослойные конструкции со сферопластиками для изделий авиационной техники // Конструкции из композиционных материалов. 2014. № 1. С. 37–42.

26. Халиков Д.А. Классификация теплоизоляционных материалов по функциональному назначению // Фундаментальные исследования. 2014. № 11–6. С. 1287–1291.

27. Колосова А.С., Пикалов Е.С. Современные эффективные теплоизоляционные материалы на неорганической основе // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2020. № 9. С. 64–75.

28. Воробьев В.А., Андрианов Р.А. Полимерные теплоизоляционные материалы. М.: Издательство литературы по строительству, 1972. 320 с.

29. Журавлева И.И., Акопян В.А. Высокомолекулярные соединения. Часть VI. Синтетические полимеры: учебное пособие. Самара: Издательство «Самарский университет», 2014. 528 с.