

**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 = 0,593

Пятилетний импакт-фактор
РИНЦ = 0,299

№ 3 2024

Научный журнал
Scientific journal

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

Электронная версия размещается на сайте www.rae.ru

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

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); к.т.н., доцент Хайдаров А.Г. (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 ВИНТИ.

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 = 0,593.

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ = 0,299.

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

Почтовый адрес: 105037, г. Москва, а/я 47
Адрес редакции и издателя: 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 Е.Н. Доронкина
Корректор Е.С. Галенкина, Н.А. Дудкина

Подписано в печать – 29.03.2024
Дата выхода номера – 30.04.2024

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

Распространяется по свободной цене

Усл. печ. л. 4,0
Тираж 500 экз.
Заказ МЖПиФИ 2024/3

© ООО НИЦ «Академия Естествознания»

СОДЕРЖАНИЕ

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

НАУЧНЫЙ ОБЗОР

О БИОХИМИИ, «МОЛЕКУЛЯРНОЙ БИОЛОГИИ»,
ВИРУСОЛОГИИ И ЭПИДЕМИОЛОГИИ

Круглов И.В. 5

МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ

СТАТЬИ

ОЦЕНКА КОГНИТИВНЫХ ФУНКЦИЙ И СТРЕССОУСТОЙЧИВОСТИ
СТУДЕНТОВ МЕДИЦИНСКОГО УНИВЕРСИТЕТА В ЗАВИСИМОСТИ
ОТ ИСХОДНОГО ВЕГЕТАТИВНОГО ТОНУСА

Дунина Н.Е., Прокудина К.А., Семенец И.А. 11

ГЕРПЕС-ВИРУСНАЯ ЭПШТЕЙНА-БАРР ИНФЕКЦИЯ
В ПОСТКОВИДНОМ ПЕРИОДЕ

Косякова Н.И. 16

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

СТАТЬИ

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ПОЛОСЫ РАДИОЧАСТОТ
350–400 МГЦ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СЕТЕЙ МШБД
СТАНДАРТА TDD-LTE/LTE-ADVANCED/5G

Бабин А.И., Шепелев С.В. 22

ИССЛЕДОВАНИЕ МИРОВОГО ОПЫТА ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛОС
ЧАСТОТ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЧАСТНЫХ СЕТЕЙ PRIVATE LTE/5G-NR

Шепелев С.В., Бабин А.И., Коротков М.В. 28

CONTENTS

BIOLOGICAL SCIENCES

REVIEW

ON BIOCHEMISTRY, «MOLECULAR BIOLOGY», VIROLOGY
AND EPIDEMIOLOGY

Kruglov I.V. 5

MEDICAL SCIENCES

ARTICLES

ASSESSMENT OF COGNITIVE FUNCTIONS AND STRESS RESISTANCE
OF MEDICAL UNIVERSITY STUDENTS DEPENDING ON THE INITIAL
VEGETATIVE TONE

Dunina N.E., Prokudina K.A., Semenets I.A. 11

HERPESVIRUS EPSTEIN-BARR VIRUS INFECTION AND POSTCOVID-19
SYNDROME

Kosyakova N.I. 16

TECHNICAL SCIENCES

ARTICLES

PROPOSALS FOR THE USE OF THE 350-400 MHZ RADIO FREQUENCY
BAND FOR TDD-LTE/LTE-ADVANCED/5G TECHNOLOGY NETWORKS

Babin A. I., Shepelev S. V. 22

A STUDY OF THE GLOBAL EXPERIENCE OF USING FREQUENCY
BANDS TO CREATE PRIVATE LTE/5G-NR NETWORKS

Shepelev S.V., Babin A.I., Korotkov M.V. 28

НАУЧНЫЙ ОБЗОР

УДК 577.1:577.2:578:614.4:616.9

**О БИОХИМИИ, «МОЛЕКУЛЯРНОЙ БИОЛОГИИ»,
ВИРУСОЛОГИИ И ЭПИДЕМИОЛОГИИ****Круглов И.В.***Институт вакцин и сывороток им. И.И. Мечникова РАН, Москва, e-mail: kruglov18@inbox.ru*

Аннотация. Данная обзорно-дискуссионная статья посвящается некоторым мировоззренческим и терминологическим проблемам таких медико-биологических наук, как биохимия, молекулярная биология, вирусология и эпидемиология, тесно связанных с такими клиническими специальностями, как инфекционные болезни и лабораторная диагностика. Принципиальное отличие живого от неживого. Элементарная биологическая единица и элементарная химическая единица. Нет жизни как таковой на молекулярном уровне. Это имеет самое прямое отношение к вирусам, а также вирионам, плазмидам и прионам. Два этапа в истории вирусологии. Паразитизм на генетическом уровне как атрибут вирусов. Наследственность как свойство молекул нуклеиновой кислоты, в том числе в отсутствие обмена веществ с окружающей средой. Следовательно, наследственность в процессе воспроизведения себе подобных – изначально химическое свойство таких органических веществ, как нуклеиновые кислоты, а не атрибут жизни как таковой. Особенность прионов – воспроизведение себе подобной конформации молекул. Таким образом, воспроизведение себе подобных не является монополией жизни как таковой. Биохимические свойства химических молекул в основе таксономии вирусов. Онтогенез есть краткое повторение филогенеза. Что дает приложение этого общеприродного закона к вирусам – доказательство от противного. Таким образом, на вопрос, являются ли вирусы частью органического мира, ответ – да; на вопрос, являются ли они жизнью, ответ – нет. Формирование супрамолекулярных объектов и их принципиальное отличие от живых объектов.

Ключевые слова: биохимия, молекулярная биология, вирусология, эпидемиология, инфекционные болезни

**ON BIOCHEMISTRY, «MOLECULAR BIOLOGY»,
VIROLOGY AND EPIDEMIOLOGY****Kruglov I.V.***Mechnikov Research Institute of Vaccines and Sera, Moscow, e-mail: kruglov18@inbox.ru*

Annotation. This review and discussion article is devoted to some worldview and terminological problems of such biomedical sciences as biochemistry, molecular biology, virology and epidemiology, closely related to such clinical specialties as infectious diseases and laboratory diagnostics. The fundamental difference between the living and the non-living. Elementary biological unit and elementary chemical unit. There is no life as such at the molecular level. This has the most direct relation to viruses, as well as viroids, plasmids, and prions. Two stages in the history of virology. Parasitism at the genetic level as an attribute of viruses. Heredity as a property of nucleic acid molecules, including in the absence of metabolism with the environment. That is, heredity in the process of reproducing similar ones is initially a chemical property of such organic substances as nucleic acids, and not an attribute of life as such. The feature of prions is the reproduction of a similar conformation of molecules. Thus, the reproducing similar ones is not a monopoly of life as such. Biochemical properties of chemical molecules in the basis of the taxonomy of viruses. Ontogenesis is a brief repetition of phylogenesis. What gives the application of this general biological law to viruses is proof of contrary. Thus, to the question whether viruses are part of the organic world, the answer is yes; to the question whether they are life, the answer is no. The formation of supramolecular objects and their difference of principle from living objects.

Keywords: Biochemistry, molecular biology, virology, epidemiology, infectious diseases

Есть мнение, что «термин “молекулярная биология” принадлежит Фрэнсису Крику, которому надоело в ответ на вопрос о его профессии объявлять себя смесью кристаллографа, биохимика, биофизика и генетика» [1, с. 4]. В то же время есть мнение о том, что авторство термина принадлежит Уоррену Уиверу, директору отдела естественных наук Фонда Рокфеллера, предложившему это наименование в 1938 году. Фонд Рокфеллера в это время занимался, в том числе, кристаллографией белковых структур [2–4]. «Эти работы велись в Кембридже в лаборатории, получившей название “The MRC unit for the study of molecular structure of biological system”, которую сокращенно называли “Лаборатория молекулярной био-

логии”» [5]. В этой лаборатории работали в том числе Дж.Д. Бернал и Дж.Д. Уотсон [5]. При этом Дж.Д. Бернал автором данного термина считал У. Астбери, который впервые устно употребил этот термин в конце 1930-х годов, а с 1946 года начал упоминать его в публикуемых статьях [5; 6, с. 450]. Но сам У.Т. Астбери по этому поводу говорил: «Мне приятно, что сейчас термин “молекулярная биология” уже довольно широко употребляется, хотя маловероятно, что я первым предложил его» [5; 6, с. 450]. Известно также, что «идея молекулярной биологии активно обсуждалась в 1930-е годы в Кембриджском Клубе теоретической биологии с участием Дж. Бернала, Дж. Нидэма и др.» [5, 7]. Таким образом, большинство

историков науки сходятся во мнении, что термин «молекулярная биология» появился так или иначе во второй трети XX века. Однако еще в 1881 году «в Санкт-Петербурге была опубликована серия из шести статей под общим названием “*Основы молекулярной биологии*”» [5, 8, 9]. Правда, это была «публикация в непрофильном (литературно-художественном и общественно-политическом) журнале “Русская речь”» [5]. Принадлежала она «Лазарю Константиновичу Попову – популяризатору науки, автору книг и статей по биологии, антропологии, психологии, физике и истории науки» [5]. Это была весьма смелая для того времени публикация. Хотя определения понятий молекулы и атома были приняты на международном съезде химиков в Карлсруэ еще в 1860 году, существование молекул было доказано Эйнштейном, Смолуховским и Перреном только в 1905–1908 годах [10].

Цель исследования: систематизация и обобщение мировоззренческих и терминологических проблем таких медико-биологических наук, как биохимия, молекулярная биология, вирусология и эпидемиология, тесно связанных с такими клиническими специальностями, как инфекционные болезни и лабораторная диагностика, и предложение решения данных проблем.

Материалы и методы исследования

Материалы и методы исследования: научные статьи, учебники, монографии, опубликованные в открытой печати, в том числе в электронных версиях. Базы данных: eLibrary, PubMed, Scopus, Web of Science. Также поиск по ключевым словам с помощью поисковых систем Google и Яндекс. Ввиду специфики затронутой тематики были изучены научные литературные источники в основном за период с 1975 года по настоящее время, а также было привлечено несколько источников конца XIX – начала XX вв., сохраняющих актуальность по настоящее время. Был произведен анализ данной литературы, а также предложены и обоснованы решения ныне существующих мировоззренческих и терминологических проблем вышеупомянутых медико-биологических наук.

Результаты исследования и их обсуждение

Таким образом, история возникновения термина «молекулярная биология» весьма кинематографична, и даже, как водится, непризнанный русский гений имеется, а между тем «молекулярная биология» – это оксюморон, такой же, как «сапоги всмятку», «жареный снег» и т.д. Нет жизни на молеку-

лярном уровне, там только биохимия одна, которая лежит в основе жизни, но сама по себе жизнью не является. Оксюморон – это, как известно, сочетание несочетаемого, иногда образно используемое в художественной литературе, но не имеющее права на существование в науке. Тут надо иметь в виду, что буквальным переводом слова «оксюморон» с древнегреческого – это «остроумная глупость». Именно остроумной глупостью и является термин «молекулярная биология». Вот и А.П. Пилипенко [11–13] пишет о том, что «одной из отправных точек для Л.К. Попова в области биологии стали труды Г. Спенсера», составившие «исходный теоретический базис» так называемой молекулярной биологии. Однако Г. Спенсер [14, с. 359–370; 15, с. 485] был, как известно, редуccionистом, и А. Пилипенко признает, что именно редуccionизм как раз и является методологической основой так называемой молекулярной биологии. Однако редуccionизм, в соответствии с которым биологические явления в основном сводимы к физико-химическим, неоднократно подвергался справедливой критике как мировоззренчески несостоятельное учение. Ну что же, автор, в свою очередь, считает целесообразным привести здесь свои аргументы в пользу данной точки зрения.

Для начала давайте, как говорил Эйнштейн, сделаем мысленный эксперимент. Представьте некую герметичную, химически инертную камеру, заполненную химически инертным газом, например гелием, которая автоматически принимает физические свойства помещаемого в нее предмета и обеспечивает изоляцию этого предмета от любых физических или химических воздействий извне. Так вот, разница между живым и неживым объектом заключается в том, что любой живой объект в таких условиях погибнет, изменив таким образом свои свойства, а вот любой неживой объект, например камень, будет существовать в таких условиях неопределенно долгое время, пока существует камера, в идеале – вечность, не меняя своих свойств. Автору могут на это возразить – а как же споры? Они в таких условиях тоже могут существовать вечно, не меняя своих свойств. Но, во-первых, а являются ли споры сами по себе живыми? Нет, споры – это способ жизни сохранить себя, на время перестав быть таковой, в полном соответствии с диалектическим законом отрицания отрицания. И, во-вторых, в означенных выше условиях споры никогда не вернуться к тому, чтобы прорасти и снова стать жизнью. Примерно то же самое можно сказать и про замороженные клеточные культуры, потому что для суще-

ствования жизни необходим обмен веществ и энергии, которые как раз и блокируются вышеупомянутой камерой и которые, служа поддержанию жизни живых организмов и сохранению ими таким образом своих свойств, как раз и служат так или иначе разрушению неживых объектов и изменению ими своих свойств. Вот в чем принципиальное отличие живого от неживого.

Как известно, элементарной биологической единицей является особь того или иного биологического вида, в то время как элементарной химической единицей является молекула химического вещества. Но одна отдельно взятая молекула может быть только объектом, но никак не субъектом обмена веществ – она же не может заниматься обменом веществ сама с собой, сохраняя при этом свои свойства, даже если это молекула белка или нуклеиновой кислоты. В процессе же обмена веществ с окружающей молекулу средой одни молекулы трансформируются в молекулы других химических веществ, изменяя при этом свои свойства, демонстрируя тем самым атрибут именно неживого – изменять, а не сохранять свои свойства в процессе обмена веществ. Так что нет никакой жизни как таковой на молекулярном уровне. Вот поэтому еще до того, как автор ознакомился с высказыванием Фрэнсиса Крика, с упоминания о котором начинается эта статья, автор примерно так себе это и представлял – просто некоторым биохимикам надоело называть себя биохимиками, и они решили называться молекулярными биологами, вычленив биохимию белков и нуклеиновых кислот в якобы отдельную дисциплину. Так и появилось словосочетание «молекулярная биология» – словосочетание-оксюморон, словосочетание-паразит, не выдерживающее проверки здравым научным мышлением, но весьма успешно, надо это признать, паразитирующее на уровне как англоязычной, так и русскоязычной лексики на протяжении последних десятилетий. С таким же успехом можно было бы придумать еще атомную биологию и попробовать поискать жизнь на атомарном уровне – ведь все живые организмы состоят из молекул, а следовательно, и из атомов тоже.

Альтернативной обоснованной выше точке зрения на принципиальное значение обмена веществ и энергии для дефиниции жизни может служить точка зрения, высказанная Carlos Mariscal и Ford Doolittle в 2020 году [16]. Mariscal и Doolittle разделяют такие понятия, как жизнь вообще и Жизнь на Земле. Концепция Жизни на Земле при этом основывается на концепции универсального общего

предка, от которого произошло все живое на Земле, и на филогенетическом принципе формирования таксонов в современной биологии. Согласно Mariscal и Doolittle, Жизнь – это наивысший биологический таксон, который включает в себя все живое на Земле, объединенное общностью происхождения. С этой точки зрения в случае, если бы на Марсе были обнаружены живые организмы, подобные земным бактериям или млекопитающим, то они бы имели отношение к жизни, но не имели бы отношения к Жизни. Однако при этом Mariscal и Doolittle полагают, что в то время как легко определить, что такое Жизнь (см. выше), определить, что такое жизнь вообще, невозможно, так как, если проанализировать то, что предлагается рассматривать в качестве признаков жизни, то всегда можно найти неживые объекты, которые будут обладать тем или иным отдельно взятым признаком жизни, и отдельные живые объекты, которые именно этим признаком обладать не будут.

В связи с этим автор данной статьи вполне согласен с Mariscal и Doolittle в том, что наследственность, воспроизведение себе подобных, изменчивость и эволюция не являются атрибутами жизни как таковой (см. ниже). А вот обмен веществ и энергии с внешней средой, необходимый для существования живого объекта и сохранения им своих свойств, – является. Mariscal и Doolittle приводят огонь в качестве примера неживого объекта, обладающего метаболизмом. Однако с вещественной точки зрения огонь – это раскаленные газы. Никаким обменом веществ с окружающей средой эти газы не занимаются, они просто охлаждаются и сами становятся частью этой окружающей среды, химически при этом никак не меняясь. При этом, охлаждаясь сами, они нагревают окружающую среду, в то время как живые объекты, наоборот, получают из окружающей среды энергию, необходимую им для функционирования и сохранения своих свойств. С точки же зрения процесса эти раскаленные газы не являются самостоятельным объектом, а являются как раз продуктами обмена веществ горючим материалом с окружающей средой, в ходе которого этот горючий материал утрачивает свои свойства и разрушается, в полном соответствии с данным выше определением неживого объекта. Таким образом, метаболизм является универсальным признаком живого, и в случае гипотетических марсианских бактерий или млекопитающих их, вопреки Mariscal и Doolittle [16], без малейших затруднений можно было бы отнести к живым объектам.

И надо сказать, что все вышесказанное имеет самое прямое отношение к вирусам, а также вириодам, плазмидам и прионам. Характерно, что в современной систематике эти объекты не являются более ни царством, ни доменом, а объединены в *Aphanobionta*, имеющую характерный статус – группа без ранга. Как известно, в истории вирусологии было 2 этапа в том, что касается отношения к данному вопросу [17, с. 11–25]. Д.И. Ивановский назвал первый открытый им вирус табачной мозаики фильтрующейся бактерией, не способной расти на искусственных средах. И в течение первого этапа, продолжавшегося до 1950-х годов, вирусологи считали, что их предмет имеет отношение к живой природе. Однако в ходе дальнейшего развития вирусологии стали накапливаться факты, противоречащие данному представлению. В результате возобладало мнение о том, что вирусы – это нечто такое, что находится на грани между живым и неживым. Такой замечательный методологический подход привел к тому, что каждый стал решать этот вопрос в соответствии с собственным предпочтением. В массовом же сознании сложился стереотип, согласно которому вирусы – это такие микроорганизмы, только очень уж микроскопические. Единственное, на чем данный стереотип основан, – это то, что некоторые вирусы, так же как и некоторые бактерии, вызывают инфекционные заболевания. Разумеется, с научной точки зрения, никаким основанием для построения каких-либо умозаключений о вирусах как о самостоятельной особой форме жизни данный факт не является. Тем не менее, жертвами подобного стереотипного мышления становятся в том числе и некоторые вирусологи.

В своей статье «Место вирусов в биосфере» [18] Д.К. Львов утверждает, что вирусы – это облигатные внутриклеточные паразиты, которые «являются полноценными организмами, обладая наследственностью в процессе воспроизведения себе подобных, изменчивостью (генетической и фенотипической), и подвергаясь в ходе эволюции естественному отбору». При этом Д.К. Львов берет в соавторы В.М. Жданова, пребывающего в мире ином вот уже 25 лет к моменту публикации данной статьи [18]. Однако дело в том, что именно В.М. Жданов в свое время стал автором идеи о паразитизме на генетическом уровне, считая именно этот уровень паразитизма атрибутом вирусов [17, с. 11–25]. К внутриклеточным же паразитам В.М. Жданов относил риккетсии, хламидии и прочие микроорганизмы, паразитирующие внутри других клеток, но при этом обладающие собственным бе-

лосинтезирующим аппаратом и собственным обменом веществ. И это, действительно, принципиальное отличие внутриклеточных паразитов от вирусов, которые собственным белосинтезирующим аппаратом не обладают и поэтому могут паразитировать только на генетическом уровне.

Что касается наследственности в процессе воспроизведения себе подобных, то это свойство молекул нуклеиновой кислоты. Согласно современным научным представлениям, в протоокеане Земли сначала сформировались РНК, затем ДНК, и только потом – первые одноклеточные организмы. Молекулы РНК и ДНК начали реплицироваться в протоокеане еще до появления живых организмов как таковых. Обмен веществ с окружающей средой при этом отсутствовал, так как молекулы РНК и ДНК при этом сами были частью этой самой окружающей среды. Таким образом, наследственность в процессе воспроизведения себе подобных – это изначально химическое свойство таких органических веществ, как нуклеиновые кислоты, а не атрибут жизни как таковой. То же самое можно сказать и про деятельность прионов, которые и воспроизводят-то не себе подобные молекулы, а воспроизводят лишь себе подобную конформацию этих молекул, для чего молекулы, подобные прионам, должны существовать изначально. Так что и в этом случае речь идет о химическом (если угодно – биохимическом) процессе, но не о жизни как таковой. Кроме того, сейчас уже известно, что техника, изначально созданная человеком, в скором времени станет в состоянии воспроизводить себе подобные объекты и даже совершенствовать их без вмешательства человека. Стоит ли человечеству позволять подобное развитие событий – вопрос спорный, однако то, что подобное развитие событий вполне возможно, – это уже бесспорно. Таким образом, и с химической точки зрения, и с технической точки зрения воспроизведение себе подобных не является монополией жизни как таковой. То же самое можно сказать относительно изменчивости, эволюции и паразитизма. Эти явления отнюдь не являются монополией живых систем.

Д.К. Львов также утверждает, что концепция «вирус – организм» «была официально принята Международным Комитетом по таксономии вирусов» [18–20]. Такого же мнения придерживается Van Regenmortel [21, 22]. Но мало ли чего за время своего существования человечество официально не принимало. Так, во многих странах на разных этапах их исторического существования, а в некоторых странах и ныне

официально принята концепция бытия Божия, а в некоторых коммунистических странах была официально принята концепция небытия Божия; современная же наука полагает, что данный вопрос в обозримой перспективе не будет решен научными методами, а возможно, и никогда не будет решен ими. Если же вернуться к вирусам, то очень легко заметить, что в основе таксономии вирусов лежит вовсе не концепция того, является ли вирус организмом, а свойства и строение нуклеиновых кислот вирусов и свойства и строение кодируемых этими нуклеиновыми кислотами белков. Следовательно, в основе таксономии вирусов лежат опять-таки биохимические свойства химических молекул. Это верно как для классификации Балтимора, так и для классификации международного комитета по таксономии вирусов. Так что вирусология, в отличие от биологии, как раз может быть молекулярной. Более того, с учетом специфики предмета, она именно таковой и является.

Ну и, наконец, сам Д.К. Львов вынужден признать [18], так как не признать это было бы весьма затруднительно, что не обладают вирусы собственным обменом веществ и энергии. И, попав в вышеупомянутую камеру, в которой живые объекты либо погибают, либо перестают быть таковыми, утрачивая свои свойства окончательно или временно, вирусы хранились бы в ней вечно, не утрачивая своих свойств, подобно минералам. Жизнь не обманешь – объекты, для поддержания существования и свойств которых необходим обмен веществ и энергии с окружающей средой, являются живыми; объекты, которые, наоборот, разрушаются и утрачивают свои свойства в процессе обмена веществ и энергии с окружающей средой, являются неживыми. И вирусы на 100% подпадают под это определение неживых объектов.

Ну и, наконец, доказательство от противного. Если забыть о вышесказанных аргументах и допустить, что вирусы – это все-таки почему-то этикие странные живые наноорганизмы, то тогда для них должен был бы действовать общебиологический закон – онтогенез есть краткое повторение филогенеза. И что же тогда получается? Да то, что вирусы – из клеток, они появились в результате патологической жизнедеятельности клеток под действием взбунтовавшейся части клеточного генома, утратившего свои первоначальные функции. Но часть клеточного генома, пусть даже и получившая патологическую способность к автономизации, не является организмом, это молекула химического вещества, и даже не изначальная полноценная моле-

кула, а только ее часть. Ведь даже подвергнувшиеся малигнизации клетки не являются самостоятельным организмом, хотя малигнизированные клетки, в отличие от вирусов, безусловно, живые. Таким образом, на вопрос, являются ли вирусы частью органического мира, следует отвечать – да; на вопрос, являются ли они жизнью, следует отвечать – нет.

А что же такое вирусная инфекция с учетом вышесказанного? Это – вторжение нежити в жизнь. А что такое эта нежить? Это органические наноструктуры. Не менее, но и не более. И как тут не вспомнить, что формирование супрамолекулярных объектов в растворе происходит в результате того, что энергия покоя сформировавшихся объектов находится на более низком уровне, чем это имеет место быть до формирования объектов. В результате этого излишек энергии выделяется в виде тепла. В случае же живых объектов все наоборот – для существования живых объектов, сколь элементарными они бы ни были, если они живые, необходимо в том или ином виде поступление энергии из окружающей среды.

В заключение хотелось бы сказать несколько слов также и о таком понятии, существующем с некоторого времени, как «молекулярная эпидемиология». Еще в 2002 году группа эпидемиологов обратила внимание на засорение научного языка этим словосочетанием-паразитом. «Специалистам, конечно, понятно, что речь идет о молекулярно-генетических методах изучения возбудителей инфекционных заболеваний. Именно эти методы позволяют установить внутренние механизмы развития эпидемического процесса ... Добавление к науке “эпидемиология” термина “молекулярная” звучит нелепо и весьма непрофессионально. Многие ученые это прекрасно понимают, и такое, например, название статьи – “Роль и место молекулярно-генетических методов в эпидемиологическом анализе ...” [23] – вызывает профессиональное уважение» [24].

К этому можно добавить то, что каждому, кто учился на кафедре эпидемиологии, известно, что эпидемиология – это наука об эпидемическом процессе, эпидемический же процесс – это процесс взаимодействия популяции паразита с популяцией хозяина. Вот поэтому эпидемиология, даже использующая так называемые молекулярно-биологические, а на самом деле биохимические методы, не может быть «молекулярной» – потому, что она изучает процессы, происходящие не на молекулярном, а на популяционном уровне. Некоторые редуccionисты говорят по этому поводу, что, поскольку эпидемиология при этом

все же использует так называемые молекулярно-биологические методы, то вот это использование и есть молекулярная эпидемиология. Но вообще-то вся биология уже давно использует так называемые молекулярно-биологические, а на самом деле – биохимические методы. Но даже завзятым редуционистам не пришло пока в голову переименовать на этом основании всю биологию в молекулярную биологию. Таким образом, данный аргумент редуционистов оказывается столь же несостоятельным, как и прочие их «аргументы», в том числе рассмотренные в данной статье.

Заключение

При сопоставлении результатов анализа литературных источников с общебиологическими знаниями установлено, что «молекулярная биология» – курьезный термин, не отражающий сути предмета данной отрасли науки. Соответствующим сути предмета термином следует считать «биохимия матричных молекул». Столь же курьезным является термин «молекулярная эпидемиология», ибо эпидемиология – это наука о процессах, происходящих не на молекулярном, а на популяционном уровне. Что касается вирусологии, то вот она как раз является молекулярной, так как атрибутом вирусов является паразитизм на генетическом, то есть молекулярном, уровне, конкретно – как раз на уровне «биохимии матричных молекул». Поэтому нет необходимости вводить специальный термин «молекулярная вирусология», ибо вирусология в принципе молекулярна. Что же касается распространения вирусов за пределами конкретного макро- или микроорганизма, то это предмет исследования таких наук, как эпидемиология или экология вирусов, ибо в данном случае речь идет о процессах на популяционном уровне. Также установлено, что единственным атрибутом жизни является необходимость обмена веществ и энергии с окружающей средой для сохранения живыми объектами своих свойств. При этом вирусы являются не живыми организмами, а органическими наноструктурами, сами по себе не являясь жизнью как таковой.

Список литературы

1. Дымшиц Г.М., Саблина О.В. Основные начала молекулярной биологии. Новосибирск: НГУ, 2020. 195 с.
2. Баев А.А. Прошлое в настоящем // Вестник РАН. 1994. № 12. С. 1109-1127.
3. Коулер Р. Менеджмент науки в Рокфеллеровском фонде: Уоррен Уивер и программа фонда по молекулярной биологии // Вопросы истории естествознания и техники. 1996. № 2. С. 48-85.
4. Перути М. Здесь было столько одаренных людей... // Химия и жизнь. 1990. № 9. С. 26-30.
5. Пилипенко А.П. О трактате Л.К. Попова «Основы молекулярной биологии» (К 130-летию публикации и 160-летию со дня рождения её автора) // Relga. 2011. № 17. URL: <http://www.relga.ru/Environ/WebObjects/igu-www.woa/wa/Main?textid=3026&level1=main&level2=articles> (дата обращения: 01.02.2024).
6. Ванюшин Б.Ф. Молекулярная биология. В книге: История биологии. С начала XX века до наших дней / Под редакцией Л.Я. Бляхера. М.: Наука, 1975. 660 с.
7. Маккей А. Джон Бернал и его лаборатория // Химия и жизнь. 2002. № 1. С. 50-53.
8. Попов Л.К. Основы молекулярной биологии // Русская речь. 1881. № 2. С. 199-223.
9. Попов Л.К. Основы молекулярной биологии // Русская речь. 1881. № 10. С. 288-333.
10. Einstein A. Über die von der molekularkinetischen Theorie der Wärme geforderte Bewegung von in ruhenden Flüssigkeiten suspendierten Teilchen // Annalen der Physik. 1905. Vol. 17. P. 549-560.
11. Пилипенко А.П. Истоки молекулярной биологии и эволюционной химии. Юбилей науки 1989 // Киев: Наукова думка. 1990. С. 261–276.
12. Пилипенко А.П. Наследие Герберта Спенсера в молекулярной биологии и эволюционной химии // Наука и науковедение. 1996. № 1-2. С. 138-140.
13. Пилипенко А.П. Проблема информационных молекул и матричного биосинтеза в XIX – первой трети XX века // Вопросы истории естествознания и техники. 1988. № 2. С. 80-82.
14. Спенсер Г. О «самозарождении» и о гипотезе физиологических единиц. Основания биологии. СПб.: Поляков, 1870. Т. 1. 370 с.
15. Спенсер Г. Основания биологии. СПб.: Тиблен, 1867. Т. 1. 490 с.
16. Mariscal C., Doolittle W.F. Life and life only: a radical alternative to life definitionism // Synthese. 2020. Vol. 197. P. 2975-2989. DOI: 10.1007/s11229-018-1852-2.
17. Общая вирусология: Руководство / Под ред. В.М. Жданова, С.Я. Гайдамович / АМН СССР. М.: Медицина, 1982. Т. 1. 496 с.
18. Жданов В.М., Львов Д.К., Забережный А.Д. Место вирусов в биосфере // Вопросы вирусологии. 2012. № 51. С. 21-32.
19. Pringle S.R. The universal system of virus taxonomy of the International Committee on Taxonomy of Viruses (ICTV), including new proposals ratified since publication of the sixth report in 1995 // Arch. Virol. 1998. Vol. 143. P. 203-210.
20. Virus Taxonomy. Ninth Report of the International Committee on Taxonomy of Viruses. Eds.: Andrew M.Q. King, M.J. Adams, E.B. Carstens, E.J. Lefkowitz // Elsevier Academic Press. 2012. P. 1327.
21. Van Regenmortel M.H.V. From absolute to exquisite specificity reflection on the fussy nature of species specificity and antigenic sites // J. Immunol. Meth. 1998. Vol. 216. P. 37-48.
22. Van Regenmortel M.H.V. Introduction to the species concept in virus Taxonomy. In: Virus Taxonomy. Seven Report of the International Committee on Taxonomy of Viruses. Eds.: H.V. Van Regenmortel, C.M. Fauquet, D.H.L. Bishop, et al // Elsevier Academic Press. 2000. P. 1162.
23. Шагинян И.А. Роль и место молекулярно-генетических методов в эпидемиологическом анализе внутрибольничных инфекций // Клиническая микробиология и анти-микробная химиотерапия. 2000. № 3. С. 82-95.
24. Шкарин В.В., Давыдова Н.А., Колмакова Н.А. Кто ясно мыслит – тот ясно излагает ... (о проблеме терминологии в эпидемиологии) // ЖМЭИ. 2002. № 4. С. 98-102.

СТАТЬИ

УДК 612.8.04:612.89.08:612.181.1

**ОЦЕНКА КОГНИТИВНЫХ ФУНКЦИЙ И СТРЕССОУСТОЙЧИВОСТИ
СТУДЕНТОВ МЕДИЦИНСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИСХОДНОГО ВЕГЕТАТИВНОГО ТОНУСА****Дунина Н.Е., Прокудина К.А., Семенец И.А.***ФГБОУ ВО «Ростовский государственный медицинский университет» Минздрава России,
Ростов-на-Дону, e-mail: nell16.12@yandex.ru*

Аннотация. Исследование посвящено изучению взаимосвязи между исходным вегетативным тонусом, когнитивными функциями и стрессоустойчивостью у студентов медицинского университета. Исходный вегетативный тонус отражает активность вегетативной нервной системы и может влиять на когнитивные процессы и стрессоустойчивость. В исследовании приняли участие 56 обучающихся с разными исходными вегетативными тонусами. Когнитивные функции оценивались с помощью «Монреальской шкалы оценки когнитивных функций», а стрессоустойчивость – с помощью «Шкалы воспринимаемого стресса С. Коухена и Г. Виллиансона». Результаты показали, что обучающиеся с различным исходным вегетативным тонусом демонстрируют различные паттерны когнитивного функционирования и реагирования на стресс. Группа обучающихся с симпатикотонией имела более высокие показатели по блокам «зрительно-конструктивный праксис», «внимание» и «отсроченное воспроизведение» по сравнению с данными, полученными у группы с ваготонией. Однако обучающиеся с симпатикотонией показали более низкие результаты по блокам «речь» и «ориентация». В отношении стрессоустойчивости в группе обучающихся с ваготонией чаще оценивали себя как имеющих «плохую» стрессоустойчивость по сравнению с группой с симпатикотонией. Полученные результаты подчеркивают важность учета исходного вегетативного тонуса при оценке когнитивных способностей и стрессоустойчивости обучающихся. В дальнейшем это может иметь практическое значение для разработки персонализированных стратегий поддержки обучающихся, основанных на понимании индивидуальных особенностей.

Ключевые слова: когнитивные функции, стрессоустойчивость, симпатикотония, ваготония, монреальская шкала**ASSESSMENT OF COGNITIVE FUNCTIONS AND STRESS RESISTANCE
OF MEDICAL UNIVERSITY STUDENTS DEPENDING
ON THE INITIAL VEGETATIVE TONE****Dunina N.E., Prokudina K.A., Semenets I.A.***Rostov State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation,
Rostov-on-Don, e-mail: nell16.12@yandex.ru*

Annotation. The study is devoted to the study of the relationship between the initial vegetative tone, cognitive functions and stress resistance in medical university students. The initial vegetative tone reflects the activity of the autonomic nervous system and can affect cognitive processes and stress tolerance. The study involved 56 students with different initial vegetative tones. Cognitive functions were assessed using the Montreal Cognitive Function Assessment Scale, and stress tolerance was assessed using the S. Cohen and G. Williamson Perceived Stress Scale. The results showed that students with different initial vegetative tone demonstrate different patterns of cognitive functioning and stress response. The group of students with sympathicotonia had higher scores in the blocks “visual constructive praxis”, “attention” and “delayed reproduction”, compared to the data obtained in the group with vagotonia. However, students with sympathicotonia showed lower results in the “speech” and “orientation” blocks. In terms of stress tolerance, the group of students with vagotonia more often assessed themselves as having “poor” stress tolerance, compared with the group with sympathicotonia. The obtained results emphasize the importance of taking into account the initial vegetative tone in assessing the cognitive abilities and stress resistance of students. In the future, this may be of practical importance for the development of personalized student support strategies based on an understanding of individual characteristics.

Keywords: cognitive functions, stress tolerance, sympathicotonia, vagotonia, Montreal scale

Взаимодействие человека с окружающим миром обусловлено когнитивными функциями, которые обеспечивают восприятие и обработку информации из внешней среды. Стрессовые воздействия экстремальных ситуаций могут привести к нарушению когнитивных функций, включая ухудшение памяти, концентрации внимания и процессов восприятия. Эти нарушения сопровождаются

раздражительностью, эмоциональной лабильностью и нестабильностью настроения. Возникновение таких когнитивных нарушений зависит от реактивности организма, которая определяется состоянием систем регуляции, включая вегетативную и центральную нервную систему (НС), а также ее типологическими свойствами и механизмами гуморальной регуляции [1-3].

Несмотря на тесную связь когнитивных функций с вегетативной регуляцией, до сих пор не исследована их взаимосвязь у практически здоровых молодых людей. Изучение этой взаимосвязи может пролить свет на механизмы адаптации к окружающей среде и выявить потенциальные маркеры ранних когнитивных нарушений. Одним из показателей, отражающих состояние автономной нервной системы, является исходный вегетативный тонус (ИВТ). Исходный вегетативный тонус отражает фоновую активность структур, ответственных за регуляцию функций организма в процессе адаптации к различным условиям [4; 5]. Он рассматривается как одна из врожденных характеристик, определяющих тип реакции организма на внешние воздействия.

Взаимосвязь между умственной работоспособностью и состоянием автономной нервной системы (АНС) объясняется тем, что гипоталамус посылает афферентные сигналы в голубое пятно, которое отвечает за поддержание вегетативного гомеостаза [6, с. 185-193]. Голубое пятно получает сигналы от гипоталамуса и медиальной префронтальной коры. В свою очередь, она участвует в планировании сложного когнитивного поведения и принятии решений. Также голубое пятно интегрирует сигналы от этих двух областей и посылает сигналы в миндалевидное тело, гиппокамп, таламус и гипоталамус. Эти межнейронные связи позволяют головному мозгу контролировать когнитивные процессы, внимание и память, которые являются ключевыми компонентами умственной работоспособности [7, с. 212-224]. Понимание взаимосвязи между вегетативным тонусом, когнитивными функциями и стрессоустойчивостью у студентов-медиков имеет важное значение для разработки стратегий поддержки, направленных на улучшение их академической успеваемости и общего благополучия. Предметом исследования стали особенности функционирования вегетативной нервной системы и индивидуальные психофизиологические характеристики.

Целью данной работы было исследовать особенности когнитивных функций и стрессоустойчивость обучающихся с разным исходным вегетативным тонусом. Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

- 1) исследовать исходный вегетативный тонус обучающихся;
- 2) изучить когнитивные функции обучающихся и выявить корреляцию с ИВТ;
- 3) выполнить анализ стрессоустойчивости обучающихся.

Материалы и методы исследования

В данном исследовании приняли участие 56 обучающихся 2 курса стоматологического, педиатрического и медико-профилактического факультетов ФГБОУ ВО «Ростовский государственный медицинский университет» Минздрава России. Средний возраст обследованных составил 19 лет. У испытуемых в покое, в положении сидя, измеряли пульс и артериальное давление. По результатам этих измерений проводилась оценка вегетативного тонуса с помощью индекса Кердо (ВИК). ВИК в пределах от -10 до +10 усл. ед. указывает на вегетативное равновесие (эйтонию), больше +10 усл. ед. свидетельствует о преобладании симпатической нервной системы (СНС) и об удовлетворительной адаптации к рабочей нагрузке, меньше -10 усл. ед. – о сниженном симпатическом тонусе и преобладании парасимпатической нервной системы (ПСНС), что является признаком наличия динамического рассогласования [8; 9].

Дополнительно проводилась оценка состояния автономной нервной системы с помощью вычисления индекса Хильдебрандта. Если при расчете индекса был получен коэффициент в диапазоне 2,8–4,9, то это указывает на нормальные межсистемные соотношения. Отклонения от этого диапазона свидетельствуют о степени дисбаланса в работе отдельных висцеральных систем.

Когнитивные функции всех испытуемых оценивались при помощи «Монреальской шкалы оценки когнитивных функций» (MoCA). Оценивались значения суммы баллов по блокам «зрительно-конструктивный праксис» (ЗКП), «называние» (Н), «память» (П), «внимание» (В), «речь» (Р), «абстракция» (А), «отсроченное воспроизведение», «ориентация» (О). Общий балл (Σ) вычислялся арифметическим сложением количества баллов по блокам MoCA. Максимальная сумма баллов по MoCA составляла 30 баллов, а нормальными считали значения суммы баллов, превышающие 26. Баллы 25 и ниже указывают на наличие когнитивных нарушений.

Для определения стрессоустойчивости студентов проводилось тестирование по шкале воспринимаемого стресса С. Коухена и Г. Виллиансона. Шкала воспринимаемого стресса (PSS) является наиболее широко используемым психологическим инструментом для измерения восприятия стресса. Пункты были разработаны для того, чтобы выяснить, насколько непредсказуемой, неконтролируемой и перегруженной находят свою жизнь респондент. Шкала также включает ряд прямых вопросов о текущем

уровне испытываемого стресса. Результаты теста обрабатываются путем суммирования баллов, набранных испытуемым по всем вопросам. Стрессоустойчивость определяется на основе набранных баллов и возраста испытуемого с использованием таблицы. Все расчеты проведены с помощью табличного процессора MS Excel. Статистическая обработка результатов проведена с использованием программы Statistica 12.0, Stat Soft, Inc.

Результаты исследования и их обсуждение

В соответствии с целью исследования первоначально проводилось определение ИВТ, где преобладающим вариантом тонуса в автономной нервной системе у обследованных подростков отмечен сбалансированный тип ИВТ 37,5%; вторым по встречаемости была симпатикотония 35,71%, а третьим – ваготонический тип ИВТ 26,79%. Для более четкого понимания когнитивных особенностей и стрессоустойчивости обучающихся в зависимости от типа ИВТ в группу исследования были включены только лица с исходной ваготонией и симпатикотонией.

Изучение когнитивных особенностей выявило различия в зависимости от типа их ИВТ. Так, при сравнительном анализе средних арифметических от максимально набранных баллов по МоСА и значений по блокам выявлено, что у лиц с различным типом ИВТ имеются достоверные различия в блоках: «зрительно-конструктивный праксис» (ЗКП), «внимание» (В), «речь» (Р), «отсроченное воспроизведение» (ОВ), «абстракция» (А), «ориентация» (О) (таблица).

При анализе результатов исследования вегетативной регуляции по блоку «называние» (Н) у «ваготоников» и «симпатикотоников» авторами не обнаружено существенных отличий в полученных средних значениях.

Анализ количества обучающихся с когнитивными нарушениями (менее 26 баллов по МоСА) показал, что среди лиц с преобладанием активности симпатической нервной системы 33,33% набрали 25 или менее баллов, а среди ваготоников этот показатель составил 46,67%.

Таким образом, ваготоники оказались более склонны к когнитивным нарушениям. Учитывая результаты блока «зрительно-конструктивного праксиса», можем увидеть, что значения обучающихся с исходной симпатикотонией превышают результаты группы с ваготонией. Это свидетельствует о большей способности симпатикотоников к усвоению, хранению и использованию двигательных навыков. При исходной симпатикотонии зарегистрированы более низкие показатели по блокам «речь» и «ориентация», которые оценивают лобно-речевые функции и способность пациента осознавать свое положение в настоящем времени и пространстве. Получены достоверные различия по блоку «внимание», в котором оценивается бдительность, скорость обработки информации и способность к одновременному анализу и решению нескольких задач. Обучающиеся с преобладанием ваготонии продемонстрировали несколько более низкие показатели по этим способностям по сравнению со студентами с исходной симпатической активностью. Более низкие средние значения ваготоников также прослеживаются по блокам «отсроченное воспроизведение» и «абстракция», что может свидетельствовать о несколько сниженных способностях людей с исходным вегетативным тонусом к запоминанию слов, предложений, фрагментов текста и интеллектуальных способностей к выявлению сходств и различий, вынесению умозаключений, умений сопоставлять информацию.

Результаты оценки когнитивных функций студентов по «Монреальской шкале оценки когнитивных функций»

Показатели	Тип ИВТ		Максимальное значение по каждому блоку
	Ваготония	Симпатикотония	
ЗКП	3,2	3,4	5
В	5	5,6	6
Р	2,06	1,8	3
ОВ	3,53	4	5
Н	3	3	3
А	1,4	1,6	2
О	5,8	5,33	6
Общий балл	25,4	25,84	30

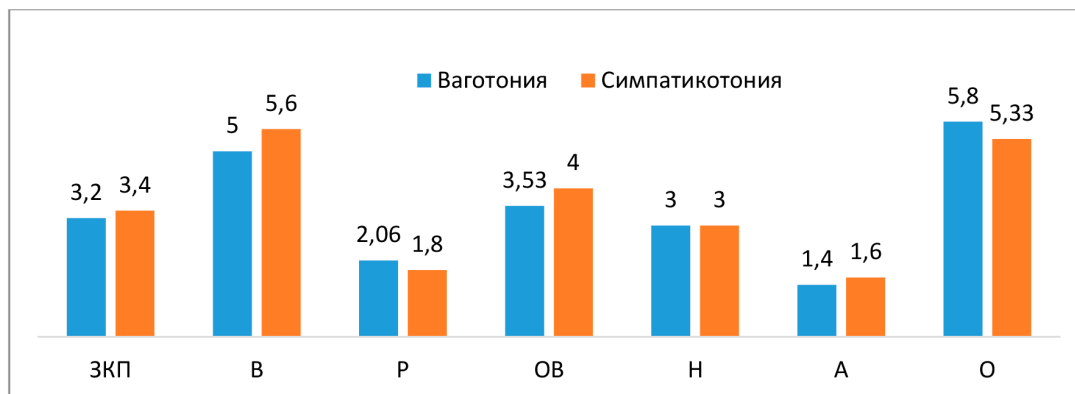


Рис. 1. Показатели когнитивных функций в зависимости от показателя вегетативного тонуса (индекс Кердо)

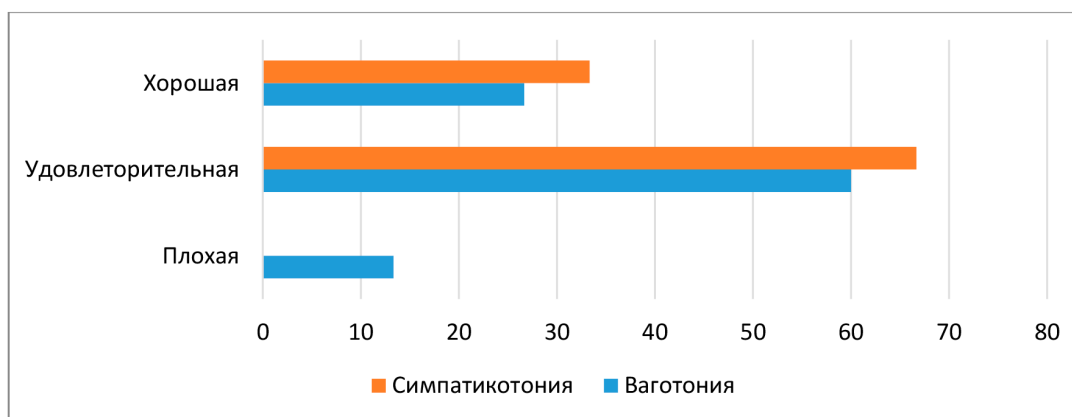


Рис. 2. Сравнительный анализ результатов тестирования по шкале воспринимаемого стресса

Анализ показателей когнитивных функций в зависимости от показателя ВИК продемонстрировал, что большинство максимальных показателей умственной работоспособности зарегистрировано среди симпатикотоников (рис. 1). Данная зависимость, вероятно, объясняется тем, что симпатическая нервная система активируется при стрессовых реакциях, повышая внимание, бдительность и скорость обработки информации. Симпатическая нервная система также играет роль в консолидации памяти, процессе преобразования кратковременных воспоминаний в долговременные и участвует в мотивации и целеустремленности, это может привести к более эффективному выполнению когнитивных задач и улучшению общей когнитивной работоспособности.

Однако важно отметить, что чрезмерная активация симпатической нервной системы также может иметь отрицательное влияние на когнитивные функции. Хронический стресс, который приводит к посто-

янной активации симпатической нервной системы, может привести к истощению когнитивных ресурсов и ухудшению когнитивной работоспособности.

Таким образом, авторами выявлены особенности некоторых параметров умственной деятельности в зависимости от исходного вегетативного тонуса, что, несомненно, может помочь в разработке стратегии для оптимизации когнитивной работоспособности, особенно в стрессовых ситуациях.

Сравнительный анализ результатов тестирования по шкале воспринимаемого стресса (С. Коухена и Г. Виллиансона) показал, что в процентном соотношении 26,67% ваготоников и 33,33% симпатикотоников свою стрессоустойчивость оценивают как «хорошую». «Удовлетворительная» стрессоустойчивость присуща 60% обучающихся с преобладанием парасимпатической активности и 66,67% – с исходной симпатической активностью. Примечательно, что 13,33% ваготоников, по результатам те-

стирования, относятся к лицам с «плохой» стрессоустойчивостью, в то время как среди симпатикотоников данный тип стрессоустойчивости не выявлен (рис. 2).

Заключение

Исследование показало, что исходный вегетативный тонус студентов влияет на их когнитивные функции и стрессоустойчивость. Студенты с различным вегетативным тонусом демонстрируют разные паттерны когнитивного функционирования и реагирования на стресс.

Полученные результаты подчеркивают важность учета вегетативного тонуса при оценке когнитивных способностей и стрессоустойчивости студентов. Это может иметь практическое значение для разработки персонализированных стратегий поддержки студентов, направленных на улучшение их академической успеваемости и общего благополучия. Дальнейшие исследования необходимы для более глубокого изучения взаимосвязи между вегетативным тонусом, когнитивными функциями и стрессоустойчивостью.

Список литературы

1. Жданов Р.И., Дойникова А.Н., Жданова И.С., Чернохвостов Ю.В., Гаджиева Э.С., Двоеносов В.Г. Корреляция па-

раметров системы гемостаза и вегетативной нервной системы при экзаменационном стрессе // Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова. 2016. № 2. С. 202-208.

2. Байгужин П.А., Шибкова Д.З., Кудряшов А.А., Байгужина О.В. Реактивность вегетативной нервной системы перцепиентов в условиях воздействия невербальной информацией // Человек. Спорт. Медицина. 2019. Т. 19, № S1. С. 83-93.

3. Марисич Ю. Способы улучшения памяти и когнитивной функции и лечения расстройств памяти и когнитивных расстройств // Патент РФ № 2785125. Патентообладатель КАВИОН, ИНК. 2022. Бюл. № 34.

4. Алиева М.Т., Устоев М.Б. Изучение функционального состояния высшей нервной деятельности (ВНД) и вегетативной нервной системы (ВНС) у учащихся // Нейронаука для медицины и психологии: материалы XIX Международного междисциплинарного конгресса (г. Судак, 30 мая – 10 июня 2023 г.). М.: ООО «МАКС Пресс», 2023. С. 36-37.

5. Байгужин П.А., Кирсанов В.М., Шибкова Д.З. Статистические характеристики показателей функционального состояния организма студентов в зависимости от уровня регламентированности учебно-профессиональной деятельности // Вестник Новосибир. гос. пед. ун-та. 2017. Т. 7, № 3. С. 223-240.

6. Смирнов В.М., Свешников Д.С., Яковлев В.Н. Физиология центральной нервной системы. М.: Академия, 2006. 368 с.

7. Рыбалов Л.Б., Россолимо Т.Е., Москвина-Тарханова И.А. Физиология центральной нервной системы и сенсорных систем. М.: МПСИ, 2009. 576 с.

8. Авилова И.А. Оценка вегетативного тонуса спортсменов на основе параметров кровообращения // Региональный вестник. 2020. № 7 (46). С. 51-53.

9. Grassi G., Mark A., Esler M. The sympathetic nervous system alterations in human hypertension // Circ. Res. 2015. Vol. 116. № 6. P. 976-990.

ГЕРПЕС-ВИРУСНАЯ ЭПШТЕЙНА-БАРР ИНФЕКЦИЯ В ПОСТКОВИДНОМ ПЕРИОДЕ

Косякова Н.И.

Больница Пушчинского научного центра РАН, Пушчино, e-mail: nelia_kosiakova@mail.ru

Аннотация. Наиболее значимой герпес-вирусной инфекцией, ассоциированной с постковидным синдромом по своим сходным клиническим проявлениям, стойкой лимфоцитопенией, длительным субфебрилитетом, частыми рекуррентными острыми респираторными инфекциями, является инфекция, вызванная вирусом Эпштейна-Барр (ВЭБ). Под динамическим наблюдением находились 298 пациентов с клинико-лабораторным подтверждением постковидного синдрома. У 98 пациентов в возрасте 18-64 лет методом ПЦР в соскобе с задней стенки глотки была выявлена герпес-вирусная инфекция, в том числе была выявлена ВЭБ-инфекция у 48 пациентов (49,5%). В клиническом анализе крови рассчитывался нейтрофильно/лимфоцитарный индекс, отражающий соотношение неспецифической и специфической защиты организма, имеющих прямую корреляционную связь с показателями клеточного иммунитета и интерфероновый статус. Выявлено *три варианта* иммунологических нарушений: 1-й вариант – показатели были в пределах референсных значений у 17% пациентов, 2-й вариант – снижение показателей – у 75% и 3-й вариант – значительное их повышение – у 8% пациентов, что требовало дифференцированного подхода к иммунореабилитации. Разработан алгоритм выбора метода иммунореабилитации по уровню Н/Л индекса. При нормальных значениях Н/Л индекса назначалась стандартная реабилитация без применения иммуномодуляторов, при повышенных или пониженных показателях перед назначением иммунотропных препаратов проводился индивидуально подобранный курс детоксикации организма. У пациентов в постковидном периоде, ассоциированном с герпетической инфекцией, вызванной вирусом Эпштейна-Барр, отмечаются более выраженные клинические проявления и неоднозначные нарушения в системе противовирусной защиты организма, в системе интерфероновый статус. С учетом установленных особенностей нарушений в иммунной системе разработан и успешно применяется алгоритм индивидуального подхода к назначению терапии иммунотропными и противовирусными препаратами, позволяющий мониторировать эффективность проводимой терапии.

Ключевые слова: герпес-вирусная инфекция, постковидный синдром, нейтрофильно/лимфоцитарный индекс, интерфероновый статус

HERPESVIRUS EPSTEIN-BARR VIRUS INFECTION AND POSTCOVID-19 SYNDROME

Kosyakova N.I.

Hospital of Pushchino Scientific Centre RAS, Pushchino, e-mail: nelia_kosiakova@mail.ru

Annotation. The most important herpesvirus infection associated with post-COVID-19 syndrome is infection caused by Epstein-Barr virus (EBV), which is due to its clinical manifestations, robust lymphocytopenia, long subfebrile period, frequent recurrent acute respiratory infections. 298 patients with clinical and laboratory confirmation of postcovid syndrome were under dynamic observation, of which 98 patients aged 18-64 years had herpes virus infection in a scrape from the posterior pharyngeal wall by PCR, of which 48 patients (49.5%) had EBV infection. In clinical blood tests Neutrophil-Lymphocyte index (NLI) was calculated, reflecting the ratio of non-specific and specific defense of the body, which had direct correlation with cell immunity parameters and interferon status, was also calculated. Three variants of immunological disorders were revealed: variant 1, when the values fell in the reference value ranges in 17% of patients; variant 2, when the values were decreased, was detected in 75% of patients, and significant elevation of the parameters was recorded in 8% of the patients, which required differential approach to the immunorehabilitation. An algorithm of the selection of immunorehabilitation technique. was developed based on NLI and interferon status indicators. Thus, patients with post-COVID-19 period associated with herpetic infection caused by Epstein-Barr virus demonstrate more clear clinical manifestations and ambiguous disorders in the system of antiviral defence and interferon status system. Taking into account the peculiarities of the immune system disorders, an algorithm for individual approach to treatment with antiviral and immunotropic preparations was developed, while it allows to monitor the efficiency of the treatment carried out.

Keywords: herpes-viral infection, postcovid syndrome, neutrophil/lymphocytic index, interferon status

Герпес-вирусные инфекции широко распространены в популяции человека и имеют разнообразные клинические проявления, включая скрытое бессимптомное течение [1, с. 330]. По данным ВОЗ, вирусами герпеса инфицировано 65–90% населения планеты [2; 3]. Для человека патогенны 8 типов вируса герпеса: вирусы герпеса 1 и 2 типа, вирус ветряной оспы (3 тип), вирус Эпштейна-Барр (4 тип), цитомегаловирус (5 тип); вирус герпеса (6а и 6b типы), 7 тип – возможный

фактор развития синдрома хронической усталости, который также провоцирует онкологические заболевания лимфоидной ткани, и наконец вирус герпеса 8 типа, поражающий лимфоциты и провоцирующий развитие саркомы Капоши, первичной лимфомы, болезни Кастлемана [4].

Коронавирусы (Coronaviridae) представляют собой большое семейство РНК-содержащих вирусов, которые могут инфицировать человека и некоторые виды

животных, вызывая целый ряд нарушений: от легких форм острой респираторной инфекции до тяжелого острого респираторного синдрома (ТОРС/SARS). С 2019 года человечество пережило 7 эпидемических волн новой коронавирусной инфекции SARS-COV-2, и в настоящее время коронавирус постепенно приобретает черты сезонной вирусной респираторной инфекции [5].

Вирусы герпеса (ДНК-вирусы) и коронавирусы (РНК-вирусы) одинаково поражают клетки-мишени, высвобождают в ней свой генетический материал, продуцируют новые вирусы, разрушают клетку и поражают новые клетки организма человека. Вирусы имеют сходную продолжительность инкубационного периода: от 2 до 14 дней, преимущественно передаются воздушно-капельным или контактным путем от человека к человеку, способны вызывать острое заболевание, но также могут протекать латентно, без клинических проявлений [6-8]. Выявляется зависимость течения заболевания от текущего статуса иммунной системы, формируется нестойкий иммунитет после перенесенного заболевания как при герпетической инфекции, так и при коронавирусной инфекции. Вирус герпеса может находиться в организме человека в «спящем» состоянии всю жизнь. Обладает ли сходным свойством коронавирус, пока точно неизвестно [8]. Доказано, что вирус герпеса проявляется на фоне снижения функций иммунной системы, но и собственно вирус активно блокирует функции местного иммунитета и систему интерферонов. Попадая в организм, коронавирус вызывает сильный иммунный ответ и дисфункцию иммунной системы, подавляет синтез интерферонов [9]. Таким образом, как вирусы герпеса, так и вирус SARS-COV-2 активно нарушают функцию интерферонов, подавляя противовирусную активность инфицированных и соседних клеток, модулируют врожденные иммунные реакции [8-10]. За последние четыре года у пациентов состояние, возникающее после коронавирусной инфекции с подтвержденным заражением SARS-CoV-2, либо у лиц с подозрением на коронавирусную инфекцию через 3 месяца после начала COVID-19 с длительностью симптомов не менее 2 месяцев, которое не может быть объяснено альтернативным диагнозом, получило название «Постковидного синдрома», по классификации МКБ-10 – Код U09.9 [10; 11].

Ведущими причинами развития постковидного синдрома считаются: прямое повреждение органов и систем пациента, персистенция вируса в организме, также определена роль дисфункции иммунного ответа

и нейтрофильных внеклеточных ловушек. Кроме того, вирус провоцирует аутоиммунные реакции, нарушения гемостаза, развитие хронического системного воспаления [9; 11]. Следовательно, можно предположить, что при ассоциации хронической герпетической инфекции с коронавирусной инфекцией в постковидном периоде, наблюдаются более выраженные клинико-иммунологические нарушения.

Цель исследования – изучить особенности клинических проявлений постковидного синдрома, ассоциированного с герпетической вирус-инфекцией Эпштейна-Барр (ВЭБ), и варианты нарушений в системе интерферонов статуса.

Материалы и методы исследования

Под динамическим наблюдением в течение 24 месяцев находились 298 пациентов в возрасте 18-64 лет, перенесших острую вирусную инфекцию SARS-COV-2 (ПЦР+) и поступивших на курс восстановительной терапии в отделение иммунологии и аллергологии Б ПНЦ РАН через 3 месяца после острых проявлений, с 2-кратным ПЦР отрицательным результатом исследования на наличие РНК вируса SARS-COV-2.

Все пациенты подписывали информированное согласие. Работа выполнена в рамках Госзадания по Программе 2023-0006, одобрена ЛЭК Б ПНЦ РАН.

Легкое течение в остром периоде коронавирусной инфекции имели 203 пациента, тяжелое течение – 95. Наряду со стандартными методами клинико-лабораторного обследования пациентов с постковидным синдромом [11], методом ПЦР проводилось исследование слизи из зева на ДНК вируса герпеса 1-2 типов, вируса Эпштейна-Барр (ВЭБ), ЦМВ, ВГЧ-6т. Методом ИФА в сыворотке крови определялась концентрация сывороточных IgM, IgG к герпетическим вирусам и IgG avidность [6; 9] для дифференцировки стадии инфекционного процесса. По данным клинического анализа крови рассчитывался нейтрофильно/лимфоцитарный индекс (НЛИ), который отражал соотношение неспецифического и специфического иммунитета [12; 13]. Референсные значения НЛИ=2,47-3,51 у.е. Исследование в сыворотке крови цитокинов TNF- α , IL-6, IL-1 β , IL-8, IL-10, интерферонов INF- α и INF- γ осуществляли с использованием тестовых систем производства АО «Вектор-Бест» (Россия) на иммуноферментном анализаторе STAT FAX 3200 (Awareness Technology Inc., USA).

Статистическую обработку результатов проводили с использованием компьютерных программ Statistica 8.

Результаты исследования и их обсуждение

В клинической картине герпетической инфекции у 65,2% пациентов в постковидном периоде отмечались общеинтоксикационные симптомы: слабость, вялость, снижение работоспособности, нарушение сна, головные боли, субфебрильная температура. Со стороны органов дыхания чаще всего беспокоила одышка и тяжесть в грудной клетке – у 27,3% пациентов. Высыпания на коже туловища, конечностей наблюдались у 16,6%, лимфоаденопатия – у 6,7%, панические атаки, приступы сердцебиения – у 9,4%. Другие проявления, в частности попливость, непостоянные боли в горле, тяжесть в правом подреберье, вздутие живота, диспепсические нарушения, мигрирующие боли и дискомфорт в мышцах и суставах и др., регистрировались у 11,8% пациентов. Наиболее выраженные клинические симптомы наблюдались у пациентов, страдающих микст-герпетической вирусной инфекцией. В ранние сроки постковидного периода (через 2-3 недели) у 5,6% пациентов имело место обострение вирусной инфекции, вызванной вирусом герпеса 3 типа (Herpes Zoster). Маркерами реактивации хронической герпетической инфекции, вызванной вирусом Эпштейна-Барр (ВЭБ), явились: наличие антител ко всем антигенам вируса (VCA-IgM, EA-IgG, EBNA-IgG), индекс avidности более 50 и детекция ДНК ВЭБ, определенная методом ПЦР. При анализе полученных результатов выяснилось, что у 72,3% пациентов с моно- и микст-герпес-вирусными инфекциями доминировала инфекция, вызванная вирусом Эпштейна – Барр (ВЭБ).

В клинической картине у пациентов с ВЭБ-инфекцией наиболее значимыми были следующие симптомы: выраженная слабость, хроническая усталость, непостоянные боли в горле, мигрирующие боли и дискомфорт в мышцах и суставах, длительный субфебрилитет, частые ОРВИ, регионарная лимфоаденопатия, нарушение структуры сна и процесса засыпания, снижение памяти, внимания. Формирование патологии со стороны органов дыхания и депрессия наблюдались реже. В клиническом анализе крови у 17,3% пациентов с ВЭБ-инфекцией выявлялись: стойкая лейкопения ($2,5 \pm 0,9$ г/л) и стойкая лимфоцитопения ($0,93 \pm 1,02$ кл/мкл) – у 46,2%; умеренно выраженная анемия ($106 \pm 12,9$ г/л) – у 12,6%, что согласуется с данными, приведенными в исследованиях 2020-2021 гг. [14; 15]. Отмечено было также умеренное повышение СРБ – $5,82 \pm 1,02$ мг/дл, АЛТ/

АСТ – $48,6 \pm 9,6 / 37 \pm 6,4$ мМоль/л. При исследовании цитокинового статуса сохранялось умеренное повышение уровня IL-1 β – $18,3 \pm 4,7$ пг/мл у 67,9% и IL-6 – $103,5 \pm 18,7$ пг/мл у 59,5% [9].

Изучение функциональной способности лейкоцитов периферической крови человека продуцировать интерфероны позволяет судить об иммунореактивности организма, выявлять чувствительность клеток крови к иммуноактивным препаратам и дает возможность определить тактику лечения при разных формах патологии, прогнозировать исход заболевания. Интерфероновый статус (ИС) рассматривается в настоящее время в качестве неспецифических биомаркеров иммунопатологии человека [8; 16]. Известно, что с иммунологической точки зрения интерфероны выполняют три основные функции: активируют противовирусную защиту в инфицированных и соседних клетках, ограничивая распространение инфекции; модулируют врожденные иммунные реакции, включая презентацию антигена и функции естественных клеток-киллеров, блокируют провоспалительную активность, активируют адаптивную иммунную систему к продукции высокоаффинных антиген-специфических Т- и В-клеточных ответов [8; 16]. Наши исследования показали, что у 17,1% пациентов значения спонтанной и индуцированной продукции IFN- α и IFN- γ были в пределах референсных значений – 1-й вариант (группа 1, n = 8);

у 54,5% пациентов отмечен 2-й вариант (группа 2, n = 26), который характеризовался снижением показателей;

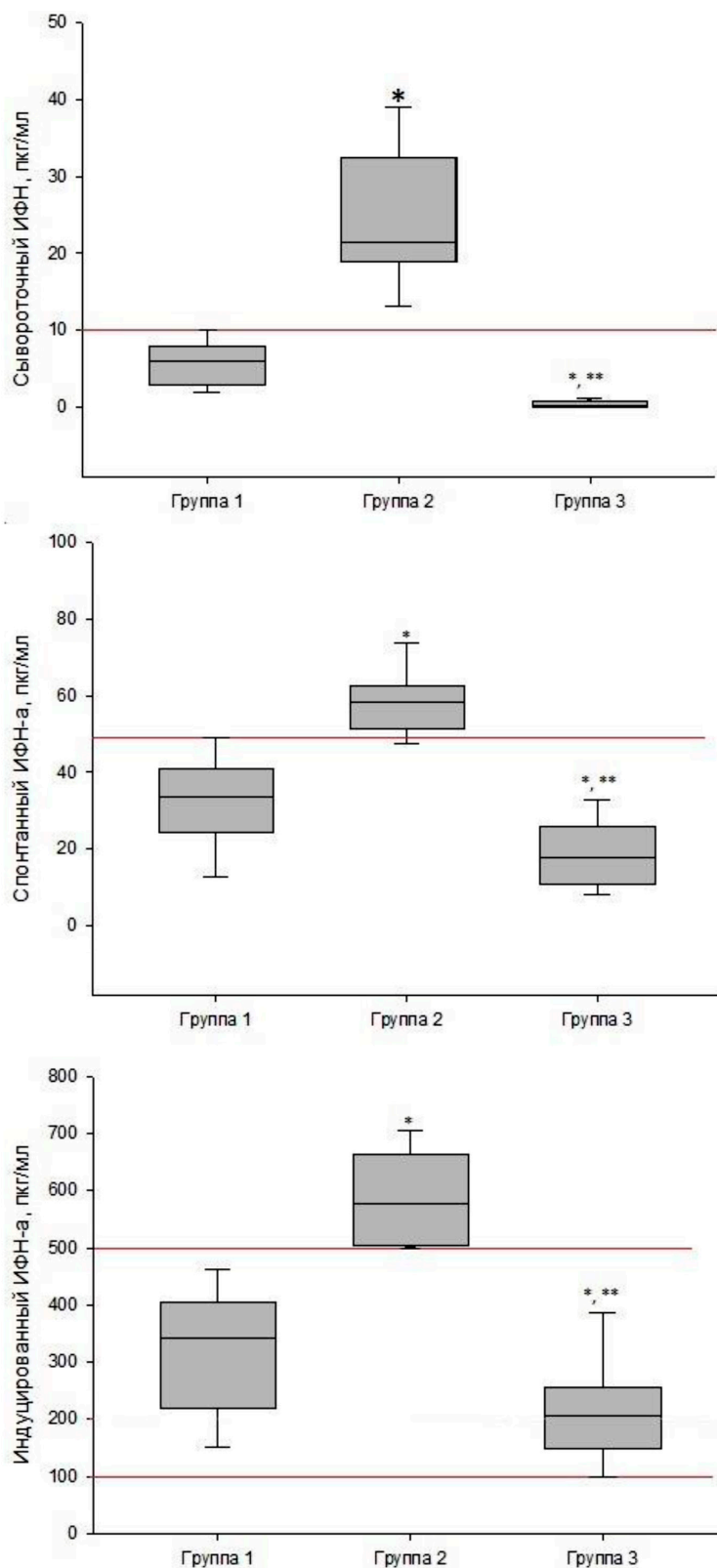
3-й вариант был выявлен у 8,4% (группа 3, n = 14) – значительное повышение показателей ИС (рисунок).

В рутинной клинической практике исследование гуморального, клеточного иммунитета, цитокинового и интерферонового статусов не всегда доступно для оценки состояния пациента и выбора методов иммунотерапии. Анализ показателей индуцированной продукции IFN- α и нейтрофильно/лимфоцитарного индекса позволил установить, что

при первом варианте Н/Л-индекс и индуцированный IFN- α были в пределах референсных значений (IFN- α = $760 \pm 44,24$ Ед/мл и Н/ЛИ = $2,99 \pm 0,76$ у.е., $p < 0,005$);

при втором варианте Н/Л-индекс был повышенным (Н/Л = $4,52 \pm 0,92$ у.е.), а уровень индуцированного IFN- α оказался сниженным – $50 \pm 4,24$ Ед/мл при $p < 0,005$;

при третьем варианте Н/Л-индекс был пониженным ($2,09 \pm 0,76$ у.е.), а уровень IFN- α = $1240 \pm 104,24$ Ед/мл – повышенным, при $p < 0,005$.



Варианты интерферонового статуса у пациентов с герпетической вирус-инфекцией Эпштейна-Барр в постковидном периоде
 Группа 1 (n=8) – показатели в пределах референсных значений, группа 2 (n=26) – выше референсных значений, группа 3 (n=14) – ниже референсных значений.
 Красной линией обозначены референсные значения
 * – достоверное (p<0,05) отличие от группы 1, ** – достоверное отличие от группы 2

Прямой корреляционной зависимости между цитокинами (TNF- α , IL-6, IL-1 β , IL-8, IL-10) и индуцированной продукцией IFN- α выявлено не было. Кроме того, установлено, что если в клинической картине присутствовали общие интоксикационные симптомы, то у такой группы пациентов показатели интерферонового статуса и Н/Л-индекс были в пределах референсных значений. При втором варианте регистрировался инфекционный синдром (частые ОРВИ, субфебрильная температура, лимфоаденопатия). При третьем варианте отмечались подъемы температуры до 37,7-38,0 °С без катаральных проявлений, мышечные и суставные боли, выраженная лимфоаденопатия, кожные проявления, приступы сердцебиения. Сопоставляя клиническую картину с результатами Н/Л-индекса, который легко можно рассчитать по клиническому анализу крови, разрабатывали индивидуальные программы иммунореабилитации.

Так, при 1-м варианте интерферонового ответа и при референсных значениях Н/Л-индекса назначалась стандартная реабилитация без применения иммуномодуляторов, проводилась работа с психологом, коррекция питания и водного режима, детоксикационная терапия; назначались ЛФК, массаж, общая магнитотерапия, водные процедуры. Продолжалась медикаментозная терапия (препараты базисной терапии по основному заболеванию + гипоксиданты, гепатопротекторы, нейропротекторы, витаминно-минеральный комплекс, коррекция микробиоценоза кожи, слизистых и т.д.). Медикаментозная терапия назначалась последовательно, с учетом индивидуальных клинических проявлений в постковидном периоде.

При 2-м варианте интерферонового ответа и при повышенных значениях Н/Л-индекса назначалась прежде всего детоксикационная терапия, санация хронических очагов инфекции, заместительная интерфероновая терапия, коррекция нарушенных звеньев иммунитета, оптимизация функций выделительных органов, стандартная реабилитация. Проводилась работа с психологом, коррекция питания и водного режима, назначались ЛФК, массаж, общая магнитотерапия, медикаментозная терапия (препараты базисной терапии + гипоксиданты, гепатопротекторы, нейропротекторы, витаминно-минеральный комплекс, коррекция микробиоценоза кожи, слизистых и т.д.).

При 3-м варианте интерферонового ответа, при повышенных значениях Н/Л-индекса, прежде всего проводилась активная детоксикация организма, коррекция микробиоценоза кожи и слизистых, стандартная реабилитация, работа с психологом, коррекция

питания и водного режима, подбирались индивидуальная программа ЛФК, массажа, назначались электросон, общая магнитотерапия с музыкотерапией, коррекция нарушенных функций иммунной системы.

Заключение

У пациентов в постковидном периоде чаще регистрируется активация герпетической инфекции, в структуре которой значительное место занимает ВЭБ-герпетическая инфекция. В клинической картине ВЭБ-герпетической инфекции отмечаются более выраженные симптомы интоксикации, стойкая субфебрильная температура, лимфоаденопатия и неоднозначные нарушения в системе противовирусной защиты организма, в системе интерферонового статуса. Активация хронической герпетической ВЭБ-инфекции наблюдалась при любом варианте течения острой вирусной инфекции, вызванной вирусом SARS-CoV-2, и её клинические проявления мало зависели от тяжести предшествующего инфекционного процесса. Пациенты в возрасте 60 лет и старше, имеющие коморбидные заболевания, прежде всего сахарный диабет 2-го типа, неконтролируемое течение аллергического воспаления и патологию сердечно-сосудистой системы, имели более тяжелое течение и хуже отвечали на лечение. Анализ полученных нами результатов показал, что у пациентов в постковидном периоде при активации герпетической Эпштейна-Барр вирус-инфекции (ВЭБ) развивается стойкая лимфопения и дисбаланс в интерфероновом статусе, создаются благоприятные условия для персистенции SARS-CoV-2, что может, в свою очередь, поддерживать активацию иммунной системы при долгом COVID-19.

С учетом установленных особенностей нейтрофильно/лимфоцитарного индекса и нарушений в интерфероновом статусе был разработан и успешно применён алгоритм индивидуального подхода к назначению терапии иммуотропными и противовирусными препаратами, не требующий дорогостоящих затрат как со стороны пациентов, так и системы здравоохранения, позволяющий мониторировать эффективность проводимой терапии.

Автор выражает благодарность главному научному сотруднику Института фундаментальных проблем биологии ПНЦ РАН д.б.н. Прохоренко И.Р., научному сотруднику института фундаментальных проблем биологии ПНЦ РАН Радзюкевич Я.В., ведущему специалисту стат. отдела Б ПНЦ РАН Павлик В.Д. за оказанную помощь в подготовке материала к публикации.

Список литературы

1. Исаков В.А., Архипова Е.И., Исаков Д.В. Герпес-вирусные инфекции человека: руководство для врачей. СПб.: Спец-Лит, 2013. 670 с.
2. Davison A., Eberle R., Ehlers B., Hayward G., McGeoch D., Minson A., Pellet Ph., Roizman B., Studdert M., Thiry E. The order Herpesvirales // *Arch. of Virol.* 2009. Vol. 154. No. 1. P. 171-177.
3. Зыков И.Е., Коротков О.В., Кузнецова Д.Д., Марданлы С.С. Анализ эпидемиологической ситуации по герпес-вирусным инфекциям в разных возрастных группах населения Восточного Подмосквья // *Современные проблемы науки и образования.* 2019. № 3. URL: <https://science-education.ru/article/view?id=28889> (дата обращения: 18.01.2024).
4. Руководство по вирусологии. Вирусы и вирусные инфекции человека и животных / Под ред. акад. РАН Д.К. Львова. М.: МИА, 2013. 1200 с.
5. Ye R.Z., Gong C., Cui X.M., Liu J.Y., Fan H., Xie H., Wang Q., Ren Z.Y., Zhang Y.W., Xia L.Y., Zhang M.Z., Li Y.Y., Li Z.H., Du L.F., Zhang J., Cheng N., Shi W., Li M.Z., Zhao L., Jiang J.F., Jia N., Huang F., Cao W.C. Continuous evolution and new lines of seasonal human coronaviruses: a multicenter surveillance study // *J Med Virol.* 2023. Vol. 95. No 6. e28861. DOI: 10.1002/jmv.28861.
6. Gold J.E., Okyay R.A., Licht W.E., Hurley D.J. Investigation of Long COVID Prevalence and Its Relationship to Epstein-Barr Virus Reactivation // *Pathogens.* 2021. Vol. 10. No. 6. P. 763.
7. Herpes simplex virus and cytomegalovirus reactivations among severe COVID-19 patients / Le Balch P., Kieran P. *Crit Care.* 2020. Aug 28. Vol. 24 No. 1. P. 530.
8. Симбирцев А.С. Иммунопатогенез и перспективы иммунотерапии коронавирусной инфекции // *ВИЧ-инфекция и иммуносупрессии.* 2020. Т. 12. № 4. С. 7-22. DOI: 10.22328/2077-9828-2020-12-4-7-22.
9. Викулов Г.Х. Иммунологические аспекты герпес-вирусных инфекций // *Клиническая дерматология и венерология.* 2015. Т. 14, № 5. С. 104-116.
10. Рекомендации по ведению больных с коронавирусной инфекцией COVID-19 в острой фазе и при постковидном синдроме в амбулаторных условиях / Под ред. проф. Воробьева П.А. // *Проблемы стандартизации в здравоохранении.* 2021. № 7-8. С. 3-96. DOI: 10.26347/1607-2502202107-08003-096.
11. Методические рекомендации «Особенности течения Long-COVID-инфекции. Терапевтические и реабилитационные мероприятия» // *Терапия.* 2022. DOI: 10.18565/therapy.2022.1suppl.1-147.
12. Исследование системы крови в клинической практике / Под ред. Г.И. Козинца и В.А. Макарова. М.: Триада-Х, 1997. С. 204-243.
13. Кальф-Калиф Я.Я. О лейкоцитарном индексе интоксикации и его практическом значении // *Врачебное дело.* 1941. № 1. С. 31-33.
14. Tavakolpour S., Rakhshandehroo T., Erin X Wei, Rashidian M. Lymphopenia during the COVID-19 infection: What it shows and what can be learned // *Immunol Lett.* 2020. Vol. 225. P. 31-32.
15. Fathi N., Rezaei N. Lymphopenia in COVID-19: therapeutic opportunities // *Cell Biol Int.* 2020. Vol. 44. No. 9. P. 1792-1797.
16. Ивашкив Л.Б., Донлин Л.Т. Регуляция ответов на интерферон типа I // *Nat Rev Immunol.* 2014. № 14. С. 36-49. DOI: 10.1038/nri3581.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ПОЛОСЫ РАДИОЧАСТОТ 350–400 МГц ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СЕТЕЙ МШБД СТАНДАРТА TDD-LTE/LTE-ADVANCED/5G

Бабин А.И., Шепелев С.В.

АО «MTU Сатурн», Москва, ABabin@k-tech.ru, SSHepelev@k-tech.ru

Аннотация. Необходимость выделения целевых полос частот для развертывания выделенных и технологических мобильных сетей в России назрела и стоит остро. Стандартизированные 3GPP ETSI полосы радиочастот LTE задействованы коммерческими операторами связи. Выделение полос частот для сетей пятого поколения 5G-NR в России задерживается. Вопрос создания выделенных (частных) и технологических сетей МШБД технологий LTE/LTE-Advanced на объектах критической информационной инфраструктуры России требует решения, особенно в условиях санкций. Публичные коммерческие сети LTE предназначены для предоставления услуг высокоскоростной передачи данных и голосовой связи населению, в то время как ведомственные сети LTE предназначены для предоставления высокоскоростных и надежных услуг беспроводной связи определенной группе пользователей. Крупным государственным компаниям, которым требуется более безопасная сеть с более высокой надежностью, большей мобильностью и более широкими зонами покрытия, следует серьезно задуматься о технологии LTE. Она позволяет организациям настраивать свои сети для критически важных приложений, требующих низкой задержки и независимости от потенциально перегруженного и непредсказуемого беспроводного спектра общего пользования. Результаты исследований могут быть использованы для создания выделенных и технологических сетей государственных предприятий топливно-энергетического комплекса (ТЭК) России и в горнодобывающей промышленности.

Ключевые слова: выделенные сети связи, технологические сети связи, сети мобильного широкополосного беспроводного доступа (МШБД), частные сети Private-LTE, технология LTE/LTE-Advanced/5G

PROPOSALS FOR THE USE OF THE 350-400 MHZ RADIO FREQUENCY BAND FOR TDD-LTE/LTE-ADVANCED/5G TECHNOLOGY NETWORKS

Babin A. I., Shepelev S. V.

Joint-stock company «MTU Saturn», Moscow, ABabin@k-tech.ru, SSHepelev@k-tech.ru

Annotation. The need to allocate target frequency bands for the deployment of dedicated and technological mobile networks in Russia is overdue and urgent. Standardized 3GPP ETSI LTE radio frequency bands are used by commercial telecom operators. The allocation of frequency bands for fifth-generation 5G-NR networks in Russia is delayed. The issue of creating dedicated (private) and technological networks of LTE/LTE-Advanced technologies at the facilities of Russia's critical information infrastructure requires a solution, especially in the context of sanctions. Public commercial LTE networks are designed to provide high-speed data and voice communication services to the public, while departmental LTE networks are designed to provide high-speed and reliable wireless communication services to a specific group of users. Large state-owned companies that need a more secure network with higher reliability, greater mobility and wider coverage areas should seriously consider LTE technology. It allows organizations to configure their networks for mission-critical applications that require low latency and independence from the potentially congested and unpredictable public wireless spectrum. The research results can be used to create dedicated and technological networks of state-owned enterprises of the fuel and energy complex (FEC) of Russia and in the mining industry.

Keywords: dedicated communication networks, technological communication networks, mobile broadband wireless access (MSHBD) networks, Private-LTE networks, LTE/LTE-Advanced/5G technology

Наиболее перспективно использование выделенных и технологических сетей МШБД, Private-сетей технологии LTE/5G на транспорте, в горнодобывающей промышленности (на шахтах, карьерах), а также в энергетике, в сфере общественной безопасности, в портах, в металлургии. Технология 4G/LTE обеспечивает широкий спектр сценариев использования в различных областях, таких как: мобильный доступ в Интернет; потоковое видео; VoLTE (передача голоса по сети LTE); мобильные игры; подключение к Интернету вещей (IoT); удаленная работа и совместная работа; общественная безопасность и аварийно-спаса-

тельные службы; управление автопарком и телематика транспортных средств; цифровое производство и цифровая индустриализация. В России, как и в других странах, вопрос выделения необходимого радиочастотного ресурса стоит остро [1].

Целью исследование является рассмотрение полосы радиочастот 350–400 МГц для выделенных (частных) и технологических сетей МШБД технологий TDD-LTE/LTE-Advanced/5G в России. Результаты исследований могут быть использованы для создания выделенных и технологических сетей государственных предприятий топливно-энергетического комплекса

(ТЭК) России и в горнодобывающей промышленности.

Материалы и методы исследования

При проведении исследований применяются следующие методы: теоретические (анализ, синтез, формализация); методологические (методики и нормы); эмпирические (модели) и логические методы (факты и умозаключения).

Многие разработчики выбирают 4G/LTE в качестве идеального стандарта связи для своих устройств в силу следующих функций:

- максимальная скорость до 100 Мбит/с может быть достигнута с помощью 4G/LTE;
- задержка в сетях 4G/LTE составляет примерно 20 миллисекунд;
- 4G/LTE использует доступный спектр в диапазоне от 300 МГц до 2,5 ГГц;
- функции сети 4G/LTE широко распространены и доступны по всей стране.

Несмотря на то что покрытие сетей 4G в сельской местности может быть ограничено, оно по-прежнему более доступно по сравнению с сетями 5G.

Выделенные, частные и технологические сети LTE можно настроить в соответствии с конкретными потребностями, такими как зона покрытия, скорость передачи данных и безопасность. Они также могут быть интегрированы с другими технологиями, такими как Wi-Fi, Ethernet и Bluetooth. Внедрение ведомственных сетей LTE находится на подъеме. По данным компании Business Newswire, ожидается, что к 2028 году мировой рынок частных LTE сетей достигнет \$10,3 млрд. Этот рост можно объяснить тем, что выделенные и технологические сети LTE идеально подходят для предприятий и организаций, которым требуются надежные высокоскоростные услуги беспроводной связи для критически важных приложений, таких как производство, логистика и общественная безопасность. Эти сети LTE также могут использоваться в отдаленных районах, где коммерческие сети LTE недоступны [2].

По прогнозу аналитических компаний России, в 2024–2028 г. подавляющее большинство ведомственных пользователей будут использовать 4G/LTE, эта технология не достигла своего предела и будет активно развиваться еще примерно 5 лет. Ведь в технологии LTE-Advanced Pro сегодня можно обеспечить скорость до 1 Гбит/с. Сети связи 5G/IMT-2020 обеспечивают «очаговое» покрытие при «ковровом» покрытии сети LTE/LTE-Advanced на переходном периоде сегодняшних дней.

Диапазон радиочастот 350–400 МГц интересен, прежде всего, по распростра-

нению радиоволн. В данном диапазоне возможно создание больших зон радиопокрытия, достигающих 20–25 км. Эти зоны сопоставимы только с аналогичными в 800 МГц и 900 МГц [3, с. 124]. Радиослужба ПОДВИЖНАЯ в диапазоне 344–399,9 МГц присутствует.

Проведем краткий анализ рекомендаций использования полос радиочастот 350–400 МГц международного и особенностей национального распределения полосы радиочастот с целью их использования для технологий LTE/LTE-Advanced/ LTE-Advanced Pro.

Согласно Европейской таблице частот, полоса радиочастот 335,4–399,9 МГц, как правило, распределена для военного применения в Европе в рамках ПОДВИЖНОЙ, ФИКСИРОВАННОЙ и подвижной спутниковой (космос – Земля) служб.

Полоса частот 380–395 МГц является согласованной «узкополосной» полосой общественной безопасности PPDR (Public Protection and Disaster Relief) на постоянной основе в некоторых странах Района 1 (Европа и страны СНГ) для стандарта TETRA, но в Российской Федерации не использовалась.

Согласно действующей таблице распределения полос радиочастот между радиослужбами Российской Федерации (далее – ТРПЧ РФ), распределение полос радиочастот 350–400 МГц по радиослужбам представлено [4, с. 32–34] в таблице 1. Согласно примечаниям к ТРПЧ РФ: полосы радиочастот 344,4–390 МГц преимущественно используются воздушной подвижной службой (ОР). Отдельные радиочастоты в этих полосах могут использоваться воздушной радионавигационной службой; полосы радиочастот 312–315 МГц (Земля – космос) и 387–390 МГц (космос – Земля) в подвижной спутниковой службе могут использоваться негеостационарными спутниковыми системами при условии выполнения требований Регламента радиосвязи; радиочастота 350 МГц с полосой излучения $\pm 1,5$ МГц используется для радиолинии «воздушное судно – Земля» в фазовой радиодальномерной системе определения координат самолета при аэрогеодезических и аэрофотографических работах; полоса радиочастот 394–410 МГц может использоваться для малоканальных радиорелейных станций гражданского применения с соблюдением установленных территориальных ограничений; полоса радиочастот 399,7–401,2 МГц (космос – Земля) может использоваться радионавигационной спутниковой службой, метеорологической спутниковой службой и службой космических исследований [4].

Таблица 1

Фрагмент распределение полос радиочастот 344–399,9 МГц
между радиослужбами РФ

Радиорегламент (район 1) Полоса радиочастот радиослужбы	Распределение полос частот между радиослужбами Российской Федерации	
	Полоса радиочастот радиослужбы	Категория
335,4–387 МГц ПОДВИЖНАЯ, ФИКСИРОВАННАЯ 5.254	344–387 МГц ПОДВИЖНАЯ, ФИКСИРОВАННАЯ 95, 125, 127, 134	ПР
387–390 МГц ПОДВИЖНАЯ, ФИКСИРОВАННАЯ, подвижная спутниковая (космос – Земля) 5.208А, 5.208В, 5.254, 5.255	387–390 МГц ПОДВИЖНАЯ, ФИКСИРОВАННАЯ, подвижная спутниковая (космос – Земля) 95, 102, 104А, 125, 127, 131	ПР
390–399,9 МГц ПОДВИЖНАЯ, ФИКСИРОВАННАЯ 5.254	390–399,9 МГц ПОДВИЖНАЯ, ФИКСИРОВАННАЯ 95, 125, 135, 136, 137, 138	СИ

Таблица 2

Распределение диапазона частот 300 МГц решениями ГКРЧ России

Полоса частот	Решение ГКРЧ	Кому выделена	Примечание
312–315 МГц 387–390 МГц	от 10.03.2017 № 17-40-06-2	МСПСС «Гонец-ДИМ»	Абонентские устройства
301,125–305,825 МГц 337,125–341,825 МГц	от 22.07.2014 № 14-26-05-2	Неопределенный круг лиц РФ	Технология «Маквил» (NG-1)
360–380 МГц	от 16.04.2018 № 18-45-05-1 от 11.09.2018 № 18-46-03-1 от 22.10.2019 № 19-52-04-1	Метрополитены России	370–380 МГц только под землей
350–370 МГц	от 13.07.2020 г. № 20-55-06	ФСТТ Минтранс России	ЭМС с РЭС ВН
394–410 МГц 434–450 МГц	от 06.12.2004 № 04-03-04-2 от 28.12.2010 № 10-10-11-1 от 16.10.2015 № 15-35-09-4	Неопределенный круг лиц РФ	Радиорелейные станции

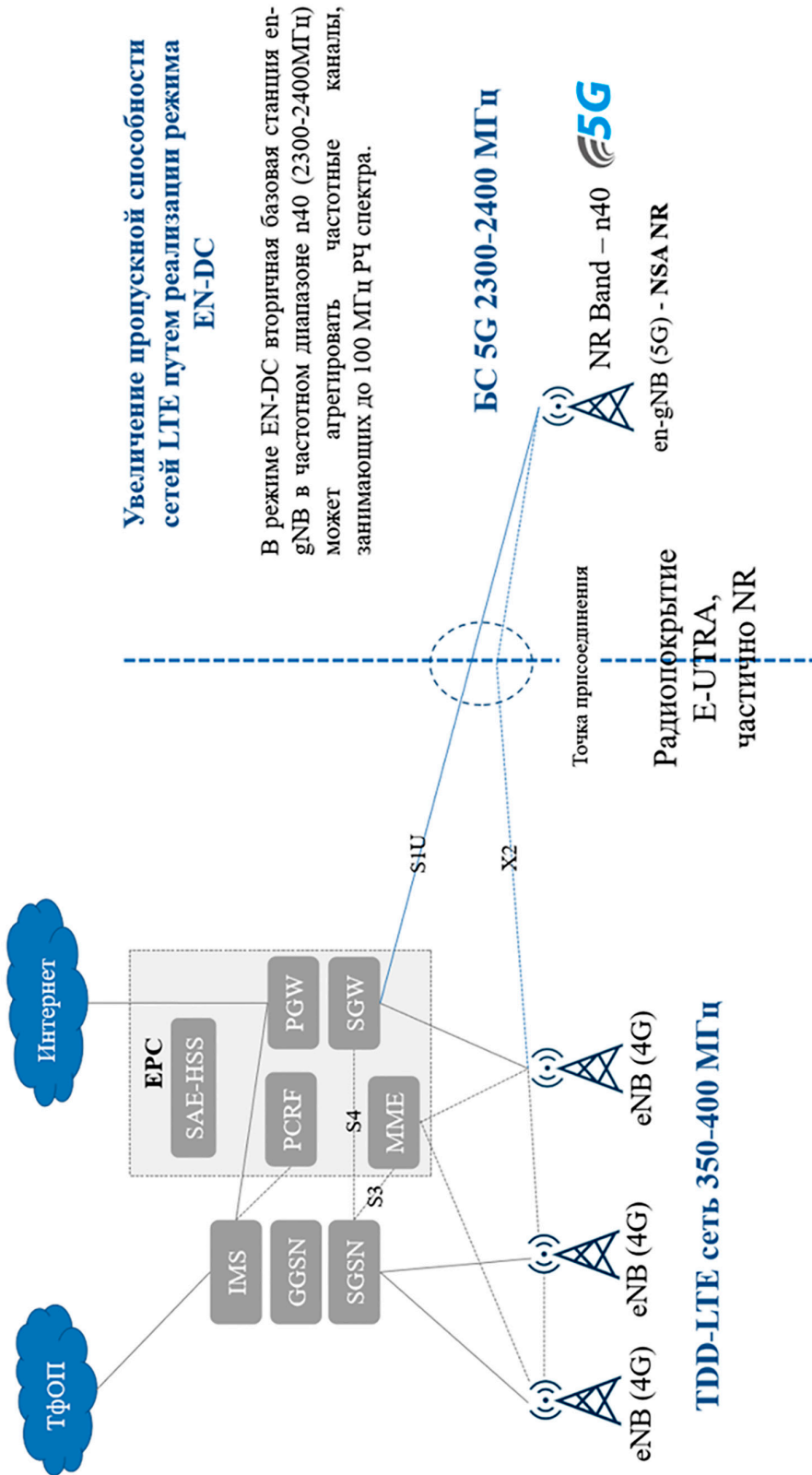
Распределение диапазона радиочастот 300–400 МГц в России

Отечественное распределение диапазонов частот 300–400 МГц решениями ГКРЧ России представлено в таблице 2.

В 2018 г. решениями ГКРЧ полоса радиочастот 360–380 МГц выделена РЭС МШБД для организации ведомственной поездной радиосвязи в тоннелях и на открытых перегонах метрополитенов в городах Москва, Санкт-Петербург, Новосибирск, Нижний Новгород, Екатеринбург, Казань и Самара. При этом полоса частот 370–380 МГц используется для построения сети связи метрополитена только в подземной части – тоннелях метрополитена, а полоса радиочастот 360–370 МГц может применяться как на открытых участках, находящихся на поверхности, так и в подземной части [5, с. 6].

Сеть МШБД метрополитена предназначена для передачи голоса, обмена короткими и мультимедийными сообщениями, а также передачи данных, решения задач оповещения пассажиров и обеспечения безопасности. Также технологическая сеть МШБД предназначена для организации высокоскоростных каналов передачи данных для систем видеонаблюдения, систем оповещения пассажиров, телеуправления и телеконтроля, в том числе с мобильными объектами метрополитена.

В 2020 г. решением ГКРЧ России полоса радиочастот 350–370 МГц предназначена для использования РЭС МШБД подвижной службы, предназначенных для построения технологической сети связи федеральной системы транспортной телематики (ФСТТ) Минтранс на территории Российской Федерации.



Архитектура ведомственной сети LTE/5G (первый шаг миграции)

Основные характеристики (параметры) оборудования LTE/5G

Характеристика	Параметры
Диапазоны частот сетей МШБД технологий: LTE/LTE-Advanced, МГц 5G-NR, МГц 5G-NR, МГц 5G-NR/6G, МГц Wi-Fi (IEEE 802.11ax) МГц	350–400 2300–2400 4800–4990 6425–7125 5150–6425
Ширина канала LTE/LTE-A, МГц Ширина канала 5G-NR, МГц Ширина канала Wi-Fi (IEEE 802.11ax), МГц	1,4/3/5/10/20 50/80 40/80/160
Метод радиодоступа LTE-A	SC-FDMA, OFDMA, SC-OFDMA
Метод радиодоступа 5G/IMT-2020	F-OFDM, OFDMA (8×8 MIMO)
Виды модуляций LTE-A	DL – QPSK, 16-QAM, 64-QAM UL – QPSK, 16-QAM
Виды модуляций 5G/IMT-2020	64-QAM, 256 QAM, 1024 QAM, π/2-BPSK
Виды модуляции IEEE 802.11ax (Wi-Fi 6E)	OFDMA (Uplink/Downlink)

Результаты исследования и их обсуждение

Фактически полоса радиочастот 350–370 МГц может использоваться для всех видов транспорта РФ, включая беспилотные транспортные средства (БТС) и беспилотные авиационные средства (БАС), при условии, что применяемые РЭС должны иметь российское происхождение при их наличии в Едином реестре российской радиоэлектронной продукции. Также условия совместного использования РЭС ФСТТ в этой полосе радиочастот должны быть согласованы с Минобороны России, в частности с РЭС военной авиационной радиосвязи (включая согласование рабочих частот и мест размещения базовых станций ФСТТ). Для ведомственных технологических LTE-сетей в интересах крупных государственных предприятий (ПАО «Газпром», ПАО Росатом», ПАО «Россети») предлагается использовать полосы радиочастот 380–400 МГц, оформив их установленным порядком в ГКРЧ России. Ширина радиоканала для ведомственной сети TDD-LTE достаточна 10 МГц. Для компаний ТЭК возможно выделение полосы частот 380–390 МГц. Полоса радиочастот 390–400 МГц может использоваться для управления, контроля и информации БАС гражданского применения.

Система мобильного широкополосного беспроводного доступа для работы в диапазоне частот 350–400 МГц (МШБД-350-Rus), разработанная ООО «Лаборатория инфо-

коммуникационных сетей» (ООО «ЛИС») г. Санкт-Петербург, является системой радиосвязи, основанной на технологиях 3GPP LTE 4G. Оборудование категории TOPP, утвержденного приказом Минпромторга РФ № 52 от 14.01.2022 г. Сеть радиодоступа образуют базовые станции ЛАД-БС-350, реализованные по комбинированной и/или распределенной архитектуре. В качестве транспортной сети используется опорная сеть передачи данных на базе протоколов IP/MPLS. Ядро сети формируется на основе оборудования, реализующего системы EPC и IMS. В качестве ядра сети используются АПК PROTEI EPC производства компании ООО «ПРОТЕЙ», мини-ядро собственной разработки. Абонентское оборудование разработано совместными усилиями:

- возимые (автомобильные и локомотивные) и стационарные станции разработки и производства ООО «ЛИС»;

- носимые станции (смартфон MIG S6, планшеты MIG T8, MIG T8X, MIG T10) совместно с ООО «Mobile Inform Group» (ООО «MIG») г. Санкт-Петербург. Продукты MIG входят в Единый реестр российской радиоэлектронной продукции Минпромторга РФ и обеспечивают работу с российскими операционными системами Astra Linux Special Edition релиз «Орёл»/«Смоленск»; «Аврора» и РЕД ОС.

Система МШБД-350 имеет архитектуру, позволяющую создавать сети радиосвязи самого разного назначения: технологические, выделенные, общего пользования, в соста-

ве интеллектуальных транспортных систем (ИТС), сервисов технологии IoT (Internet of Things – Интернет вещей) и др. [6].

Архитектура ведомственной сети LTE/5G (первый шаг миграции) представлена на рисунке. Показан переход NSA от сети LTE-350 к радиосети 5G-NR путем присоединения базовой станции переходного этапа en-gNB технологии 5G диапазона 2300–2400 МГц (n40) на ядро EPC LTE путем реализации режима EN-DC, позволяющей внедрять локальные 5G сервисы в глобальные 4G-LTE сети. Полоса частот 2300–2400 МГц сегодня используется для социально значимых объектов (СЗО) и решения второго этапа программы цифрового неравенства (2 ЦН). Полосы радиочастот 4800–4990 МГц и 6425–7125 МГц будут использованы для развертывания сетей 5G/IMT-2020 коммерческого и промышленного применения. Сегодня в полосе частот 4800–4990 МГц работают пилотные зоны 5G.

В таблице 3 представлены характеристики (параметры) оборудования LTE/5G на предлагаемых для использования полосах радиочастот для выделенных и технологических сетей РФ.

Заключение

Авторы видят массовое появление выделенных и технологических сетей Private LTE/5G совместно с реализацией программ цифровой трансформации предприятий, прежде всего ТЭК, транспорта и горнодобывающей промышленности. В условиях санкций, создания технологических мобильных

сетей на объектах критической информационной инфраструктуры остро стоит вопрос использования только отечественного оборудования и отечественного программного обеспечения. С учетом разработки ООО «Лаборатория инфокоммуникационных сетей» (г. Санкт-Петербург) системы МШБД-350-Rus предлагается для предприятий ТЭК (ПАО «Росатом», ПАО «Газпром» и ПАО «Россети») рассмотреть выделение установленным порядком ГКРЧ полос радиочастот 380–390 МГц и/или 390–400 МГц.

Список литературы

1. Носов Н.С. Частные сети LTE для российских предприятий // ИКС Медиа. 2023. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.iksmedia.ru/articles/5952341-Chastnye-seti-LTE-dlya-rossijskix.html> (дата обращения: 01.02.2024).
2. Трифонов Е.В. PRIVATE LTE и системы связи и управления уровня Mission Critical // Первая миля. 2022. № 2. С. 30–38.
3. Григорьев В.А., Харин В.Н., Хворов И.А., Гулюшин В.Л., Аксенов В.О., Корниенко А.В., Григорьева Е.В., Щесняк А.С., Пушкарев С.В. Распространение радиоволн в системах подвижной радиосвязи: учебное пособие / под общ. ред. В.А. Григорьева. СПб.: ООО ЛИС, 2022. 187 с.
4. Постановление Правительства Российской Федерации от 18 сентября 2019 года № 1203-47 «Об утверждении Таблицы распределения полос радиочастот между радиослужбами Российской Федерации и признании утратившими силу некоторых постановлений Правительства Российской Федерации». М.: Гарант, 2019. 121 с.
5. Аксенов В.А., Хворов И.А. Система мобильного широкополосного беспроводного доступа (МШБД-360). Решения для метрополитена (версия 002). СПб.: ООО ЛИС, 2020. 54 с.
6. Хворов И.А. Система мобильного широкополосного беспроводного доступа (МШБД-350-Rus). Описание и технические характеристики (версия 003). СПб.: ООО ЛИС, 2022. 38 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ МИРОВОГО ОПЫТА ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛОС ЧАСТОТ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЧАСТНЫХ СЕТЕЙ PRIVATE LTE/5G-NR

Шепелев С.В., Бабин А.И., Коротков М.В.

АО «МТУ Сатурн», Москва,

e-mail: SSHepelev@k-tech.ru, ABabin@k-tech.ru, MKorotkov@k-tech.ru

Аннотация. Для построения выделенных (частных) и технологических мобильных сетей предприятий остро стоит вопрос выделения необходимого радиочастотного ресурса, а для Российской Федерации – еще и наличия отечественного радиооборудования, способного работать в этих полосах частот. В данной статье авторы исследовали мировой опыт применения полос частот для создания частных сетей Private-LTE/5G в различных странах и континентах. Технические решения выделения полос частот CBRS (Citizens Broadband Radio Service), Multifire, sXGP (shared Xtended Global Platform), S-диапазона спутниковой сети Globalstar, pLTE EU в полосе частот 2300–2320 МГц, BB-PPDR (Broadband – Public Protection Disaster Relief) в полосе 4940–4990 МГц могут найти применение и на территории Российской Федерации. Выделенные (частные) сети выступают базовой инфраструктурой для программ цифровизации промышленности, как изолированная, безопасная и стабильная цифровая среда для передачи данных. Изучение мирового опыта использования полос частот выделенными (частными) мобильными сетями связи позволит эффективнее планировать и строить технологические сети сотовой связи России, которые найдут большое применение при реализации критически важных коммуникаций, индустрии 4.0 в рамках программ цифровой трансформации страны.

Ключевые слова: выделенные сети Private LTE/5G, pLTE, CBRS, Multifire, sXGP, Globalstar, выделенные и технологические сети

A STUDY OF THE GLOBAL EXPERIENCE OF USING FREQUENCY BANDS TO CREATE PRIVATE LTE/5G-NR NETWORKS

Shepelev S.V., Babin A.I., Korotkov M.V.

Joint-stock company MTU Saturn, Moscow,

e-mail: SSHepelev@k-tech.ru, ABabin@k-tech.ru, MKorotkov@k-tech.ru

Annotation. To build dedicated (private) and technological mobile networks of enterprises, the issue of allocating the necessary radio frequency resource is acute, and for the Russian Federation there is also the availability of domestic radio equipment capable of operating in these frequency bands. In this article, the authors examined the global experience of using frequency bands to create private Private-LTE/5G networks in various countries and continents. Technical solutions for the allocation of frequency bands CBRS (Citizens Broadband Radio Service), Multifire, sXGP (shared Xtended Global Platform), S-band of the Globalstar satellite network, pLTE EU in the frequency band 2300-2320 MHz, BB-PPDR (Broadband-Public Protection Disaster Relief) in the band 4940-4990 MHz can be used on the territory of the Russian Federation. Dedicated (private) networks act as the basic infrastructure for industrial digitalization programs, as an isolated, secure and stable digital environment for data transmission. Studying the global experience of using frequency bands by dedicated (private) mobile communication networks will make it possible to more effectively plan and build technological cellular networks in Russia, which will find great application in the implementation of critical communications, industry 4.0 as part of the country's digital transformation programs.

Keywords: dedicated Private LTE/5G networks, pLTE, CBRS, Multifire, sXGP, Globalstar, dedicated and technological networks

Частные сети (Private), основанные на технологиях LTE и 5G-NR, получили признание как всеобъемлющая платформа подключения для критически важных коммуникаций, индустрии 4.0 и приложений, связанных с преобразованием предприятия в рамках программ цифровой трансформации страны. Этому способствовала стандартизация под руководством 3GPP таких функций, как критически важные РТТ (Push-to-Talk), видео и данные, сверхнадежная связь с низкой задержкой и другие функции. Обеспечивая сплошное непрерывное покрытие, выделенная сеть позволяет подключить автоматизированные

устройства, обеспечивать видеотрансляцию (4K) с производственных площадок, контролировать и управлять беспилотным транспортом, а также внедрить AR/VR-технологии. И здесь остро встает вопрос выделения необходимого радиочастотного ресурса для данных сетей Private-LTE/5G [1].

Целью исследования является рассмотрение мирового опыта использования полос частот для частных сетей сотовой связи технологии LTE/5G и либерализации радиочастотного спектра, в зависимости от страны и в зависимости от нормативно-правовой базы (НПБ) каждого региона и района МСЭ. Результаты исследований

могут быть использованы для планирования полос частот и создания выделенных и технологических мобильных сетей предприятий ТЭК (ПАО «Росатом», ПАО «Газпром», ПАО «Россети»).

Материалы и методы исследования

При проведении исследований применяются следующие методы: теоретические; методологические; эмпирические и логические методы исследования радиочастотного спектра (РЧС) и методов его управления.

Полосы радиочастот, используемые для выделенных (частных) и технологических сетей сотовой связи Private-LTE/5G, можно классифицировать на четыре составляющих РЧС [2]:

– *Лицензированный (публичный) спектр.* Спектр, выделенный для использования сетевыми операторами или поставщиками услуг сотовой связи. Он также может быть предоставлен для использования в частной сети Private-LTE/5G-NR в соответствии с нормативными актами стран или в процессе торгов.

– *Общий спектр.* Многие страны предлагают совместное использование спектра в определенных частотных диапазонах для размещения частных сетей сотовой связи Private-LTE/5G-NR. В США CBRS работает в диапазоне 3,55–3,70 ГГц и позволяет разным пользователям, например частным сетям, совместно использовать доступ.

– *Нелицензионный спектр.* Полосы частот, доступные для использования любым пользователем в определенных пределах без необходимости получения специальной лицензии. В качестве примера можно привести диапазоны ISM, которые используются для Wi-Fi и частных сетей сотовой связи. Эти диапазоны составляют 2400–2483,5 МГц и 5150–6425 МГц. Другим примером является MulteFire, технология для небольших ячеек, работающая в диапазоне 5 ГГц и основанная на LTE.

– *Промышленный спектр.* Регулирующие органы в некоторых странах (например, в Германии и Японии) выделяют спектр специально для промышленного использования. Такой подход диверсифицирует владение спектром, облегчает выход на рынок альтернативных поставщиков и, следовательно, обеспечивает более широкий выбор сетевых поставщиков. Промышленный спектр, как и общий, снижает барьеры для развертывания частных сетей 5G.

Все радиочастотные диапазоны делятся на составляющие РЧС:

Низкочастотный спектр (ниже 1 ГГц) обеспечивает более широкое покрытие при более низких скоростях передачи дан-

ных и полезен для обеспечения покрытия больших территорий, особенно в сельской местности и отдаленных районах, где подключение имеет решающее значение.

Среднечастотный спектр (от 1 до 6 ГГц) обеспечивает хороший баланс между покрытием и пропускной способностью. Он обеспечивает более высокую скорость передачи данных, чем нижние диапазоны, и при этом обеспечивает достойное покрытие.

Широкополосный спектр (выше 6 ГГц) обеспечивает очень высокую скорость передачи данных и меньшую задержку, но с ограниченным покрытием. Для реализации частных сетей Private-5G-NR в этом диапазоне требуется более плотная инфраструктура с ячейками значительно меньшего размера.

Результаты исследования и их обсуждение

Либерализация спектра

Одним из движущих факторов развития частных беспроводных сетей 4G/5G в любой стране является наличие эффективных норм регулирования использования частот для промышленного применения. В разных странах по-разному решаются вопросы лицензирования спектра для корпоративных сетей, где-то выделяется отдельный диапазон для определенной индустрии, где-то разрешают переиспользовать спектр, выделенный на первичной основе мобильным операторам связи. Примерами общего спектра частных сетей Private-5G-NR являются системы лицензирования и совместного использования РЧС в США – CBRS (Citizens Broadband Radio Service) в полосе 3550–3700 МГц, Канаде – NCL (Non-Competitive Local Licensing Framework) в полосе 3900–3980 МГц, Индии – CPWN (Captive Non-Public Networks) в полосах 3,7–3,8 ГГц, 4,8–4,99 ГГц и 28,5–29,5 ГГц. Японии – sXGP (shared Xtended Global Platform) в полосе 1800–1920 МГц. Примерами промышленного спектра частных сетей Private-LTE служит 2300–2320 МГц в Финляндии, 1800–1920 МГц в Японии и Сингапуре, частных сетей Private-5G-NR 3,7–3,8 ГГц в Германии и Швеции, 4,8–4,99 ГГц и 28 ГГц в Японии, 4,7–4,8 ГГц и 28 ГГц в Южной Корее [2]. Нелицензионный спектр, согласованный на глобальном и региональном уровнях, используется на оборудовании LTE-U/LAA и 5G NR-U и платформе MulteFire.

Во многих странах выделен специальный национальный спектр частот в интересах общественной безопасности и техногенных катастроф, критически важных приложений, связанных со BB-PPDR (Broadband – Public Protection Disaster Relief).

Диапазоны частот мировых частных сетей Private-LTE/5G-NR

Наименование тех. решений сетей Private-LTE/5G-NR	CBRS (GAA)	MulteFire	Globalstar (BRS/EBS)	sXGP (PHS/DECT)	BB-PPDR region 1 ITU	BB-PPDR region 1 ITU	Private-5G EU	pLTE EU	LTE-U, Private-5G EU
Диапазоны частот Private-LTE, МГц	3550–3700	5150–5925	2483,5–2500	1880–1910	733–736 788–791	380–470	3700–3800	2300–2320	5925–6425 + pLTE
Методы разделения и обмена RAN	TDD-LTE	TDD-LTE	TDD-LTE	TDD-LTE	FDD-LTE TDD-LTE	FDD-LTE	TDD-LTE	TDD-LTE	Wi-Fi 6E + LTE-U
Стандартизованные диапазоны 3GPP ETSI для LTE *), МГц	Band 48 Band 49 3550–3700	Band 46 5150–5925	Band 53 2483,5–2495	Band 39 1880–1920	Band 28 703–748 758–803 Band 44 703–803	Band 87 410–415 420–425 Band 88 412–417 422–427	Band 43 3600–3800	Band 40 2300–2400	IEEE 802.11ax LTE-U
Регионы применения сетей Private-LTE/5G-NR	США, Канада	США, страны Альянса MulteFire	Страны в зоне спутниковой подвижной сети	Япония, Сингапур	Район 1 РР МСЭ, Европа	Район 1 РР МСЭ, Европа	Германия (кампусные сети 5G)	Финляндия (локальные сотовые сети предприятий)	Страны Европы, Азия
Каналы LTE, МГц (+ агрегация CA)	20+20+20 +20+20	20+20+20 +20+20	5; 10	5; 10	1,4; 3	3; 5	20+20+20 +20+20	5; 10; 15; 20	40; 80; 160
Диапазоны частот Private 5G-NR, ГГц (доп. к Private-LTE)	28,5–29,5	28,5–29,5	28,5–29,5	1,88–1,92 4,8–4,99	26,5–27,5	26,5–27,5	3,7–3,8	26,5–27,5	6,425–7,125
Стандартизованные диапазоны 3GPP ETSI для 5G-NR **), МГц	n257 26500–29500	n257 26500–29500	n257 26500–29500	n98 1880–1920 n101 1900–1910 n79 4400–5000	n28 703–748 758–803	n258 24250–27500	n78 3300–3800	n40 2300–2400 n258 24250–27500	n96 5925–7125 n102 5925–6425 n104 6425–7125
Каналы 5G-NR в сети Private-5G, МГц	50; 100	50; 100	50; 100	5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40	3; 5	50; 100	40; 60; 80; 100	5; 10; 15; 20; 50; 100	20; 40; 60; 80; 100

*) ETSI 3GPP TS 136 101 version 16.19.0 Release 16 (2024-02) таблица 5.5-1 [4].

**) ETSI 3GPP TS 138 101-1 version 17.12.0 Release 17 (2024-02) таблица 5.2-1 [5].

В таблице приведен ряд диапазонов частот мировых частных сетей Private-LTE/5G-NR. Рассмотрим технические решения выделенных полос частот для частных сетей Private-LTE/5G более подробно.

CBRS (Citizens Broadband Radio Service) – диапазон Band 48, это полоса частот 3550–3700 МГц, работающая в спектре LTE в Соединенных Штатах, Канаде и ряде стран Латинской Америки [3]. 150 МГц были взяты из двух диапазонов LTE, Band 42 (в диапазоне от 3550 до 3660 МГц) и Band 43 (в диапазоне от 3660 до 3700 МГц). Этот частотный диапазон идеально подходит для услуг, требующих сверхвысоких ресурсов, и он может стать основой для внедрения технологий сетей Private-LTE 4.9G и 5G. Платформа CBRS организована на трех уровнях, которые следуют иерархическому порядку. Первый уровень – это тот, где размещены действующие системы. Это такие системы, как радары ВМС, Вооруженных сил США, спутниковые станции и т.д. Этот уровень имеет приоритет на всех 150 МГц. На втором уровне выдается трехлетняя лицензия PALS в полосе 3550–3650 МГц. На третьем (нижнем) уровне общего доступа (GAA) находятся частные сети 4G/5G.

Multefire – это нелицензионная форма LTE, работающая в диапазоне 5 ГГц технологий Wi-Fi, стандартизированный 3GPP диапазон Band 46 (5150–5925 МГц). Используется в США и странах Альянса MulteFire. Он поддерживает режим LBT (Listen-Before-Talk), что означает, что он достаточно дружелюбен к существующим службам Wi-Fi. MulteFire базируется на стандарте 3GPP Licensed Assisted Access (LAA Release 13) на нисходящем и Enhanced Licensed Assisted Access (eLAA Release 14) на восходящем соединении. MulteFire эффективно дополняет гетерогенные сети (HetNets), использующие микс макро- и малых сот, обеспечивая на 50% лучшую «дальнобойность» и вдвое лучшее качество покрытия по сравнению с Wi-Fi.

sXGP (shared Xtended Global Platform) – форма Private-LTE в полосе PHS/DECT (начально 1884,5–1906,1 МГц) в нелицензированном диапазоне Японии, стандартизация 3GPP его в Band 39 (1880–1920 МГц) TDD-LTE, использование в качестве инфраструктуры беспроводной связи для IoT (Интернета вещей), которая способствует автоматизации за счет соединения сенсорных устройств и устройств управления. Это будет самоорганизующаяся сеть, сфера использования sXGP простирается от голосовой связи до современных сред мобильной передачи данных, таких как использование данных, потоковое видео и онлайн-конфе-

ренции. Кроме того, одной из особенностей является то, что он обладает высокой связью с локальной сетью 5G, которую планируется развернуть в диапазоне 4,8–4,99 ГГц [6].

Спутниковая система связи Globalstar в S-диапазоне (2483,5–2500 МГц) планирует организовать наземный сегмент локальных сетей LTE в стандартизированном 3GPP диапазоне Band 53 (2483,5–2495 МГц) для коммунальных служб США и в других странах мира. В России, в связи с уходом спутниковой американской системы Globalstar, планируется полосу частот 2483,5–2500 МГц предоставить государственным предприятиям ТЭК (ПАО «Росатом» и ПАО «Газпром») для развертывания технологических сетей TDD-LTE на принципах сетей Private-LTE.

Существуют две основные модели развертывания частных сетей LTE/5G:

– *Выделенные локальные сети.* Предприятие развертывает выделенную локальную сеть (сеть радиодоступа и ядро), специально созданную для использования одним предприятием. Предприятие развертывает собственные активы периферийных вычислений.

– *Гибридные сети.* Сеть основана на сочетании компонентов общедоступной мобильной сети и выделенных локальных элементов. Например, часть общедоступной радиосети может быть объединена с выделенной локальной основной сетью. 5G обеспечивает различные комбинации развертывания, такие как разделение плоскостей управления и пользовательской плоскости (CUPS) базовой сети.

Другие модели могут развиваться на основе сегментирования общедоступной сети или выделенных корпоративных сетей (например, специальная сеть для коммунальных служб).

Выделенные (частные) производственные сети Private-LTE/5G в Индии получили название кэптивны не публичные сети.

Кэптивная мобильная сеть (от англ. *captive* – «пленный») – производственная не публичная сеть, принадлежащая материнской структуре (предприятию, концерну) и обслуживающая только ее риски. Аренда РЧС ими и ИТ-компаниями потребует от них принятия мер по предотвращению помех любым сетям общего пользования или другим лицензированным пользователям спектра. Лицензиат автономной сети общего пользования или CNPN может создать закрытую или локальную изолированную автономную сеть общего пользования для собственного использования в пределах операционных зон лицензии.

Существующие частные сети сотовой связи варьируются от локализованных беспроводных систем в промышленных и корпоративных условиях до частных беспроводных широкополосных сетей с частотой ниже 1 ГГц для коммунальных служб, готовых FRMCS сетей поездной связи LTE-R и гибридных государственно-коммерчески широкополосных сетей общественной безопасности ВВ-PPDR, а также быстро развертываемых систем LTE/5G, обеспечивающих временную сотовую связь или подключение по требованию. Организации – конечные пользователи в обрабатывающей промышленности, горнодобывающей промышленности, нефтегазовой отрасли, портах и других вертикальных отраслях отмечают, что установки частных сетей сотовой связи увеличивают производительность и КПД в диапазоне от 30 до 70%, снижают затраты более чем на 20% и повышают до 80% безопасность работников и снижение аварийности [7].

Множество полностью выделенных гибридных государственно-коммерческих и локальных безопасных сетей Private-LTE общественной безопасности на базе MVNO / MOCN (базовая сеть с несколькими операторами) функционируют или находятся в процессе развертывания по всему миру, начиная от национальных критически важных широкополосных платформ, таких как *FirstNet*, *Safe-Net* Южной Кореи, *RRF* (радиосеть будущего) Франции, *SIRDEE* Испании, служба LTE общественной безопасности Италии и *VIRVE 2.0* Финляндии.

Заключение

Выделенные (частные) сети выступают базовой инфраструктурой для программ цифровизации промышленности, как изолированная, безопасная и стабильная цифровая среда для передачи данных. LTE была доминирующей технологией в 2022–2023 гг., но к 2028 г. почти половина всех мировых частных сетей будут сетями

5G. ГКРЧ России выделила полосу частот 24,25–24,65 ГГц для использования РЭС стандарта 5G, в том числе с целью создания технологических сетей связи, на территории Российской Федерации. Этот частотный ресурс 5G смогут использовать не только операторы связи, но и промышленные компании.

Наиболее оптимальными вариантами выделения полос радиочастот для выделенных и технологических сетей LTE/5G на территории Российской Федерации авторы видят 380–390 МГц и 2483,5–2500 МГц. В диапазонах частот 2300–2400 МГц и 3550–3700 МГц возможно проработать минимально-оптимальные полосы частот для сетей Private-LTE/5G Российской Федерации.

Список литературы

1. Трифонов Е.В. PRIVATE LTE и системы связи и управления уровня Mission Critical // Первая миля. 2022. № 2. С. 30–38.
2. Company Report SNS Telecom & IT. The Private LTE & 5G Network Ecosystem: 2023–2030 – Opportunities, Challenges, Strategies, Industry Verticals & Forecasts». 2023. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.snstelecom.com/cbrsplt> (дата обращения: 11.01.2024).
3. Зайтжанов М.С. Исследование технологии Private LTE и ее использование в производстве // Молодой ученый. 2023. № 24 (471). С. 41–44.
4. ETSI 3GPP TS 136 101. LTE; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); User Equipment (UE) radio transmission and reception. Version 16.19.0 Release 16. (2024-02). [Электронный ресурс]. URL: https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/136100.v161900p.pdf (дата обращения: 14.01.2024).
5. ETSI 3GPP TS 138 101-1. 5G; NR; User Equipment (UE) radio transmission and reception; Part 1: Range 1 Standalone. Version 17.12.0 Release 17. (2024-02). [Электронный ресурс]. URL: https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/13810101v171200p.pdf (дата обращения: 18.01.2024).
6. Brown G. Private LTE Networks-Qualcomm. Qualcomm 2017. P. 1-11. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.qualcomm.com/media/documents/files/private-lte-networks.pdf> (дата обращения 10.01.2024).
7. Фрейнкман В.А. Технология Private LTE/5G как оптимальная технология беспроводной связи для решения задач цифровизации промышленности. Взгляд НТЦ ПРОТЕЙ. 2022. [Электронный ресурс]. URL: <https://ict.moscow/static/pdf/files/PROTEI.pdf> (дата обращения 12.12.2023).