

ОЦЕНКА КОМПЛЕКСНОГО ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ И АЭРОИОННОГО СОСТАВА ВОЗДУХА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ НА ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ОРГАНИЗМЕ ЧЕЛОВЕКА

Т. Ф. Козловская, С. В. Сукач

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, Украина. E-mail: kozlovskaya5819@gmail.com; sergvs68@mail.ru

Рассмотрены особенности действия электромагнитных полей соответствующего электротехнического оборудования на физиологические показатели здоровья работающих. Экспериментально установлено изменение диэлектрических потерь, диэлектрической проводимости и электрической проницаемости костной ткани в зависимости от частоты электромагнитного поля. Приведен возможный механизм изменения биохимических свойств атомов и молекул в тканях под действием электромагнитного поля с позиций отдельных положений квантовой механики. Охарактеризовано действие аэроионного состава воздуха замкнутых помещений на здоровье работающих. Предложены подходы к созданию прогностической модели, основанной на установленных опытным путем соотношениях между частотой и продолжительностью действия электромагнитных полей, латентным периодом развития заболевания, корректируемой частотой волн электромагнитных полей с учетом поправочного коэффициента, значение которого зависит от величины риска влияния электромагнитных полей, в зависимости от их частоты и времени действия.

Ключевые слова: электромагнитные поля, частота, электротехническое оборудование, период воздействия, аэроионы, заболеваемость.

ОЦІНКА КОМПЛЕКСНОГО ВПЛИВУ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПОЛІВ Й АЕРОІОННОГО СКЛАДУ ПОВІТРЯ ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕНЬ НА ФІЗІОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ В ОРГАНІЗМІ ЛЮДИНИ

Т. Ф. Козловська, С. В. Сукач

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, Україна. E-mail: kozlovskaya5819@gmail.com; sergvs68@mail.ru

Розглянуті особливості дії електромагнітних полів відповідного електротехнічного обладнання на фізіологічні показники здоров'я працюючих. Експериментально встановлено зміни діелектричних втрат, діелектричної провідності й електричної провідності кісткової тканини залежно від частоти електромагнітного поля. Приведено вірогідний механізм змін біохімічних властивостей атомів і молекул у тканинах під дією електромагнітного поля с позицій окремих положень квантової механіки. Охарактеризовано вплив аероіонного складу повітря замкнених приміщень на здоров'я працюючих. Запропоновані підходи до створення прогностичної моделі, що ґрунтується на встановлених дослідним шляхом співвідношеннях між частотою та тривалістю дії електромагнітних полів, латентним періодом розвитку захворювання, частотою, що коректується, хвиль електромагнітних полів з урахуванням поправкового коефіцієнта, значення якого залежить від величини ризику впливу електромагнітних полів, залежно від їх частоти і часу дії.

Ключові слова: електромагнітні поля, частота, електротехнічне обладнання, період впливу, аероіони, захворюваність.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ. Идентификация влияния комплекса физических факторов в производственных помещениях является актуальной задачей для оценки комфортных условий работы в них. Это своего рода не только мониторинг наличия вредных факторов, но и установление причинно-следственной взаимосвязи между ними и их влияния с точки зрения гигиены и охраны труда на состояние здоровья работающих [1, 2].

С этой точки зрения на первый план выходит оценка изменений в тканях, органах, системах организма работающих людей при воздействии на них электромагнитных полей, шумов, вибрации от различного электротехнического оборудования, установленного в производственных помещениях, в непосредственной близости от которых люди находятся по 8–12 часов ежедневно. При этом необходимо проводить постоянный контроль и анализ состояния микроклиматических параметров воздушной среды замкнутых помещений, температуры, влажности, аэроионного состава, выход которых за нормативные значения вызывает не только существ-

венный дискомфорт, но и приводят к ухудшению здоровья работающих [2].

В связи с вышеизложенным, целью работы является вероятностная оценка негативных изменений в тканях, работающих при воздействии на них электромагнитных полей промышленного электротехнического оборудования.

МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. На сегодняшний день специалисты в области гигиены и охраны труда достаточно мало внимания уделяют анализу изменений в тканях, органах и системах человеческого организма при воздействии на него важного физического фактора производственной среды, такого как электромагнитные поля. При этом влиянию электромагнитных полей на работоспособность людей посвящено достаточное количество работ [3–7].

Так, длительное их воздействие на организм человека развивает усталость, переходящую в переутомление, что, в свою очередь, приводит к увеличению вероятности получения травмы.

Кроме того, наблюдается общее ухудшение здо-

ровья, что выражается в поражении слухового нерва, появляется раздражительность, общая слабость, головная боль, повышенная утомляемость, головокружение, расстройство сна, ослабление памяти, изменения в работе сердечно-сосудистой системы, секреторной и моторной функций желудочно-кишечного тракта, нарушения в обменных процессах [2, 5, 8, 9].

В связи вышеизложенным в ходе собственных экспериментальных исследований и на основании анализа литературных данных было установлено, что наиболее показательным является проведение анализа изменения диэлектрических потерь, электрической проводимости, диэлектрической проницаемости костной ткани человека при воздействии на него электромагнитных полей различной частоты (рис. 1–3).

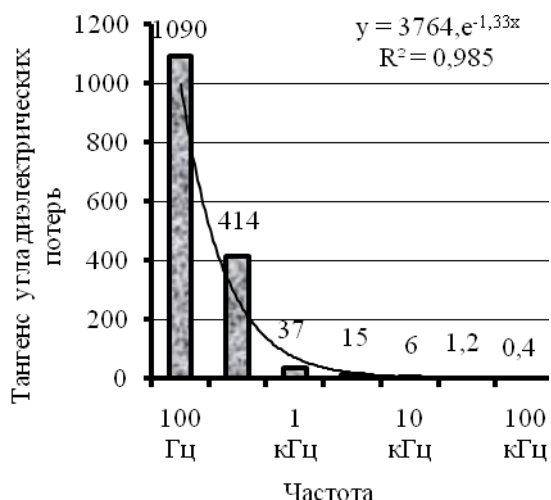


Рисунок 1 – Изменение диэлектрических потерь в костной ткани в зависимости от частоты действующего электромагнитного поля

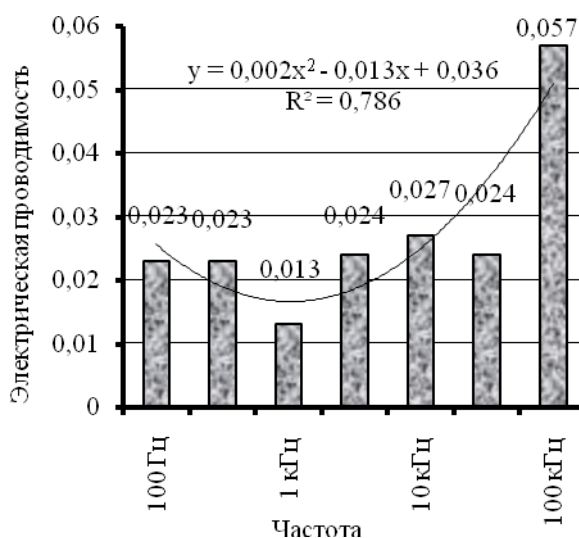


Рисунок 2 – Зависимость электрической проводимости костной ткани от частоты электромагнитного поля

При этом достоверная взаимосвязь была установлена только лишь между диэлектрической проницаемостью и тангенсом угла диэлектрических потерь (коэффициент корреляции Пирсона 0,9804).

С нашей точки зрения наибольшие потери, наблюдаемые в диапазоне 5 Гц–2 кГц (наиболее распространенные частоты работающего промышленного оборудования) связаны с изменением биохимических свойств атомов и молекул, составляющих костную ткань. При этом изменяются и оптические свойства молекул, а соответственно стойкость клеточных мембран к воздействию электромагнитных волн.

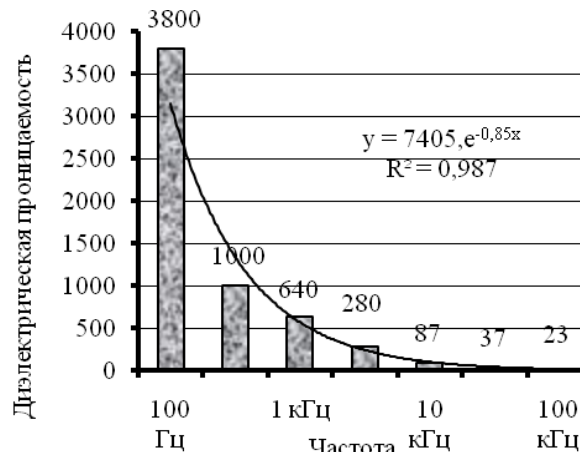


Рисунок 3 – Изменение диэлектрической проницаемости костной ткани от частоты электромагнитного поля

Также под действием электромагнитных полей происходит замена химически и биологически активных D(-)-изомеров аминокислот, белков, пептидов на неактивные D(+)-, L(-)-изомеры, т.е. в общем случае образуются рацематы – биохимические структуры, не способные реагировать на действие ЭМП, что приводит к потере защитных свойств биологических тканей, органов и систем от воздействия ЭМП. В связи с этим, необходимо более детально проанализировать причины потери защитных свойств.

Следует подчеркнуть, что взаимодействие молекул биологических объектов с электромагнитным полем нельзя рассматривать по отдельности – как взаимодействие с электрическим и магнитными полями. С нашей точки зрения действие электромагнитного поля базируется на ориентации атомов и молекул по направлению поля и против него, т.е. в соответствии с законами квантовой механики возможны два уровня электромагнитной энергии атомов и молекул: спин ядер атомов или молекул как совокупности атомов параллелен напряженности электромагнитного поля или антипараллелен. С биохимической точки зрения в этом случае можно говорить о параллельной и антипараллельной ориентации спинов электронов атомов и молекул биологических тканей и органов, подвергающихся воздействию электромагнитного поля. Тогда разность энергий между двумя спиновыми состояниями может быть описана уравнением [10]

$$\Delta E = \frac{\gamma B_0 h}{2\pi}, \quad (1)$$

где γ – гиромагнитное отношение, характеризующее ядро каждого отдельного атома или атомов, составляющих отдельную молекулу, $\text{с}^{-1}\text{Тл}^{-1}$; B_0 – магнитная индукция действующего электромагнитного поля, Тл; h – постоянная Планка.

ΔE , отвечающая двум спиновым состояниям отдельных атомов или совокупности атомов отдельных молекул является функцией действующего электромагнитного поля и гидромагнитного отношения:

$$\Delta E = f(B_0, \gamma) \quad (2)$$

Тогда, гидромагнитное отношение, определяемое как отношение магнитного и механического моментов атомов или молекул, является характеристикой взаимодействия атомов или молекул с электромагнитным полем и, в конечном итоге, будет определять биохимические изменения в тканях и органах биологического объекта – в нашем случае изменения в тканях работающих при действии электромагнитных полей электротехнического оборудования в производственных помещениях.

При обычной температуре, характерной для биологических объектов, химические связи испытывают колебания при действии электромагнитного поля с конкретной частотой волн. В любом случае происходит поглощение энергии этого поля, что приводит к увеличению амплитуды колебаний химических связей атомов и молекул в тканях и органах. В данном случае можно говорить о так называемых валентных колебаниях связей углерод–углерод, углерод–водород, углерод–кислород, углерод–азот и т.п. Частота валентных колебаний химических связей описывается уравнением (закон Гука):

$$\nu = \frac{1}{2\pi c} \sqrt{\frac{k}{\mu}} \quad (3)$$

где ν – частота валентных колебаний; μ – приведенная масса связи, определяемая как $\frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}$ (m_1, m_2 – массы атомов, образовавших химическую связь); k – постоянная, определяющая энергетическую прочность связи, т.е. отношение энергии образования связи к энергии ее разрыва; c – скорость света.

Таким образом, если частота волн электромагнитного поля равна или больше частоты валентных колебаний химических связей, то атомы, молекулы тканей, а соответственно, и ткань в целом будут испытывать воздействие электромагнитного поля, т.е. собственные деформационные и вращательные колебания ионов, электронов приводят к разрыву химических связей молекул биологических тканей,

органов и систем человека, в связи с чем они теряют свои экранно-защитные свойства от воздействия электромагнитных полей. Кроме этого, следует отметить, что действие электромагнитных полей на биологические объекты находится в тесной взаимосвязи с другим значимым показателем комфортности производственной среды – аэроионным составом воздуха замкнутых помещений. Значение концентраций аэроионов в воздушной среде производственных помещениях обладает мощным влиянием на физиологические процессы, протекающие в организме человека. При этом изменение количества отрицательных и положительных аэроионов имеет прямо противоположный эффект.

Так, установлено [2], что увеличение общего количества отрицательных аэроионов приводит: к уменьшению скорости оседания эритроцитов; увеличению числа эритроцитов и уменьшению лейкоцитов; понижению свертываемости крови и увеличению ее вязкости; снижению количества калия и увеличению кальция; быстрой ликвидации накопления молочной кислоты в крови, вызванной мышечной работой; возрастанию в среднем на 50 % уровня тканевого дыхания. Однако при этом повышается потребление кислорода и выделение углекислоты.

Увеличение же количества положительных аэроионов вызывает абсолютно противоположные явления в перечисленных выше физиологических процессах [1].

Кроме этого, при увеличении концентрации отрицательных ионов у здоровых людей отмечается повышение количества сахара в крови, а у больных диабетом, напротив, – его отчетливое снижение.

В душных непроветриваемых помещениях присутствует избыток положительных и недостаток отрицательных аэроионов, что является в большинстве случаев причиной повышенной утомляемости, усталости, потери аппетита, головной боли, бессонницы, слабости, головокружения, ослабления памяти [2, 8].

Исследования, проведенные за последние пять лет с использованием статистических данных уровней заболеваемости населения промышленно нагруженных территорий и соответствующих биохимических показателей крови, позволили установить тенденцию к их ухудшению.

Было выявлено снижение числа эритроцитов, вплоть до 1–2 млн. и ниже (рис. 4).

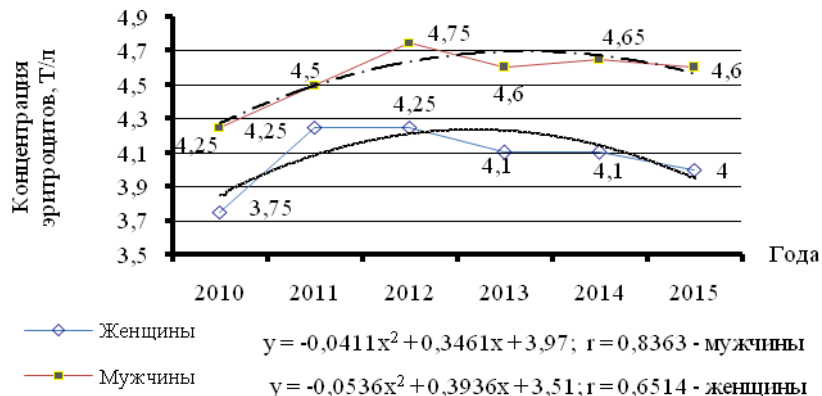


Рисунок 4 – Динамика изменений показателей эритроцитов (норма 3,9–5,0 Т/л)



Рисунок 5 – Динамика изменений показателей гемоглобина крови

Содержание гемоглобина снижено, иногда до 10 % (рис. 5).

Показатель цветности крови в некоторых случаях низкий, а иногда высокий, особенно в случаях сильной анемии, которая достаточно распространена у работающих на промышленных предприятиях.

Уровень же показателей лейкоцитов имеет тенденцию к увеличению (рис. 6).

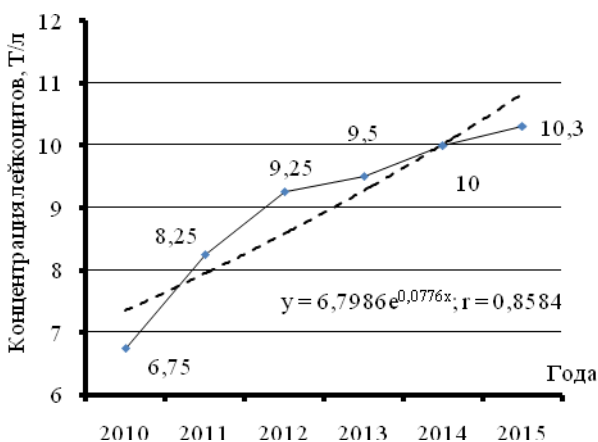


Рисунок 6 – Динамика изменений показателей лейкоцитов (норма 4,0–9,0 Т/л)

С нашей точки зрения такие тенденции могут быть объяснены комплексным воздействием внутренних и внешних ЭМП, а также наличием аэроионов во внешней природной среде и внутреннем воздухе замкнутых производственных помещений. Разделить эти влияния не представляется возможным, однако нельзя сбрасывать со счетов эффекты кумуляции и индивидуальной чувствительности каждого отдельного человеческого организма. В этом случае необходимо проведение обширных исследований с целью установления механизмов образования аэроионов [11] и их физиологического комплексного действия в сочетании с электромагнитными полями от электротехнического оборудования производственных помещений.

ВЫВОДЫ. Общий анализ литературных источников и результаты экспериментальных исследований приводят к выводу о необходимости создания

прогностических моделей вероятностной оценки изменений в тканях, органах и системах организма у работающих в зоне электромагнитных полей.

В общем виде математическую модель может представить как аппроксимацию эмпирически установленных взаимосвязей между следующими величинами: частота и продолжительность воздействия электромагнитных полей (час); латентный период развития заболевания (в годах, переведенных в часы с учетом средней продолжительности жизни и стажа работы); корректируемая частота волн электромагнитных полей (Гц) на основе предлагаемых защитных мероприятий; поправочный коэффициент, значение которого зависит от частоты проявления или вероятности развития заболевания; величина риска при влиянии электромагнитных полей в зависимости от их частоты и времени воздействия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сподобаев Ю.М., Кубанов В.П. Основы электромагнитной экологии. – М.: Издательство «Радио и связь», 2000. – 239 с.
2. Файнбург Г.З. Введение в аэровалеологию: Воздушная среда и здоровье человека. Серия: Условия труда. – Изд. 2-е, испр. и доп. – Пермь: Пермский государственный технический университет, 2005. – Вып. 1. – 104 с.
3. Никифоров В.В., Сакун О.А., Бахарев В.С. Оцінка та прогнозування впливу шумового та електромагнітного забруднення на природно-заповідні та рекреаційні території // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – 2015. – Вип. 4/2015 (93). – С. 90–95.
4. Шевченко С.Ю. Влияние электромагнитных полей энергетического оборудования на окружающую среду // Вестник НТУ «ХПИ». – 2010. – № 16. – С. 153–156.
5. Кураев Г.А., Войнов В.Б., Моргалев Ю.Н. Влияние электромагнитного излучения персональных компьютеров на организм человека [Электронный ресурс] // Вестник Томского государственного университета. – 2000. – № 269. – С. 8–14. – Режим доступа: [http://www.dc.tsu.ru/webdesign/tsu/Library.nsf/designobjects/vestnik269/\\$file/Kuraev.pdf](http://www.dc.tsu.ru/webdesign/tsu/Library.nsf/designobjects/vestnik269/$file/Kuraev.pdf)
6. Брунов В.В. Влияние гео- и технопатогенных зон на различные аспекты жизнедеятельности. – М.: Амрита-Русь, 2006. – 464 с.
7. Васильева Е.Г. Механизм влияния электромагнитных полей на живые организмы // Вестник Астраханского Государственного Технического Университета. – 2008. – № 3 (44). – С. 186–191.
8. Онищенко Г.Г., Новиков С.М., Рахманин Ю.А. и др. Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. – М.: НИИ ЭЧ и ГОС, 2002. – 408 с.
9. Козловская Т.Ф., Ткачев Ю.М., Шмандій В.М. Дослідження впливу біо(гео)патогенних зон на захворюваність населення в умовах хімічного забруднення навколишнього середовища // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету: наукові праці. – 2004. – Вип. 5/2014 (28). – С. 125–131.

10. Браун Д., Флорд А., Сейнзбери М. Спектроскопия органических соединений. – М.: Мир, 1992. – 300 с.

11. Козловская Т.Ф., Сукач С.В. Кинетико-термодинамическое обоснование последовательно-параллельного взаимодействия частиц при образо-

вании аэроионов // Збірник наукових праць XVII Міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми енергоресурсозбереження в електротехнічних системах. Наука, освіта і практика», 17–19 травня 2016 р. – Кременчук: КрНУ, 2016. – Вип. 1/2016 (4). – С. 134–137.

ASSESSMENT OF THE COMPLEX INFLUENCE OF ELECTROMAGNETIC FIELDS AND AIR-ION FORMULA OF INDUSTRIAL PREMISES ON THE PHYSIOLOGICAL PROCESSES IN THE HUMAN ORGANISM

T. Kozlovskaya, S. Sukach

Kremenchuk Mykhailo Ostohradskyi National University

vul. Pervomayskaya, 20, Kremenchug, 39600, Ukraine. E-mail: kozlovskaya5819@gmail.com; sergvs68@mail.ru

Purpose. The peculiarities of the effect of electromagnetic fields of the respective electrotechnical equipment on the health of workers were considered. Operating of aeroionic composition of air of the reserved apartments is described on the example of workers health. **Results.** It was established the experimentally change of dielectric losses, electric conductivity, permittivity of bone tissue depending on the frequency of the electromagnetic field. **Originality.** It was suggested the change of biochemical properties of atoms and molecules in the tissues under the action of electromagnetic field. **Practical value.** It was proposed the ways of creating a model based on the empirically established relationships between the frequency and the duration of exposure to electromagnetic fields, the latent period of development of the disease, correctable frequency of electromagnetic fields waves based on the correction coefficient whose value depends on the magnitude of risk under the influence of electromagnetic fields, depending on their frequency and exposure time. References 11, figures 6.

Key words: electromagnetic fields, frequency, electrical engineering equipment, period of influence, aeroions, morbidity.

REFERENCES

1. Spodobaev, Yu.M., Kubanov, V.P. (2000), *Osnovy elektromagnitnoy ekologii* [Bases of electromagnetic ecology], Izdatelstvo «Radio i svyaz», Moscow, Russia.

2. Faynburg, G.Z., (2005), *Vvedenie v aerovaleologiyu: Vozdushnaya sreda i zdorove cheloveka. Seriya: Usloviya truda, Izd. 2-e, ispr. i dop.* [Introduction to aerovaleology: the Air environment and health of man. Series: Terms of labour], Permiski gosudarstvennyi tehnikeskii universitet, Perm, Russia.

3. Nykyforov, V.V., Sakun, O.A., Baharev, V.S. (2015), "An estimation and prognostication of influence of noise and electromagnetic contamination are on the naturally-protected and recreational territories", *Transaction of Kremenchuk Mykhailo Ostohradskyi National University*, iss.1, no. 93, pp. 90–95.

4. Shebchenko, S.Yu. (2010), "Influence of the electromagnetic fields of power equipment on an environment", *Vestnik NTU "KhPI"*, no. 16, pp. 153–156.

5. Kuraev, G.A., Voynov, V.B., Morgalev, Yu.N. (2000), "Influence of electromagnetic radiation of the personal computers on the organism of man", *Vestnik of Tomsk State University*, no. 269, pp. 8–14, available at: [http://www.dc.tsu.ru/webdesign/tsu/Library.nsf/designobjects/vestnik269/\\$file/Kuraev.pdf](http://www.dc.tsu.ru/webdesign/tsu/Library.nsf/designobjects/vestnik269/$file/Kuraev.pdf) (accessed May 12, 2016).

6. Brunov, V.V. (2006), *Vliyanie geo- i tehnotopogennyih zon na razlichnyie aspekty zhiznedeyatelnosti* [Influence of technogenic and pathogenic zones on the different aspects of vital functions],

Amrita-Rus, Moscow, Russia.

7. Vasileva, E.G. (2008), "Mechanism of influence of the electromagnetic fields on living organisms", *Transaction of Astrakhan State Technical University*, iss. 3, no. 44, pp. 186–191.

8. Onischenko, G.G., Novikov, S.M., Rahmanin, Yu.A. et al. (2002), *Osnovy otsenki riska dlya zdorovya naseleniya pri vozdeystvii himicheskikh veschestv, zagryaznyayuschih okruzhayuschuyu sredu* [Bases of risk estimation for the health of population at influence of chemicals contaminating an environment], NII ECh i GOS, Moscow, Russia.

9. Kozlovskaya, T.F., Tkachov, Yu.M., Schmandiy, V.M. (2004), "Research of influence bio (geo) pathogenic zones on morbidity of population in the conditions of dumping of chemical", *Transaction of Kremenchuk Mykhailo Ostohradskyi State Polytechnic University*, iss. 5, no. 28, pp. 125–131.

10. Braun, D., Floyd, A., Seynzbери, M. (1992), *Spektroskopiya organicheskikh soedineniy* [Spectroscopy of organic compounds], Mir, Moscow, Russia.

11. Kozlovskaya, T.F., Sukach, S.V. (2016), "Kinetic and thermodynamic ground of consistently-parallel cooperation of particles at formation of aeroions", *Collection of scientific works of XVII of the International scientific and technical conference "Problemi energoresursozberezhennya v elektrotehnichnih sistemah. Nauka, osvita i praktika"*, May 17–19, iss. 1, no. 4, pp. 134–137.

Стаття надійшла 26.07.2016.