



ОБЗОР ДАННЫХ О МЕХАНИЗМАХ ВЛИЯНИЯ ГИДРАТИРОВАННЫХ ФУЛЛЕРЕНОВ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Т.О. Волкова¹

С.В. Ширинкин²

А.А. Шапошников²

¹ Петрозаводский
государственный университет
Россия, 185640, г. Петрозаводск,
пр. Ленина 33

² Белгородский государственный
национальный
исследовательский
университет
Россия, 308015, г. Белгород,
ул. Победы 85

E-mail: shirinkin_sv@mail.ru

Фуллерены (C_{60}) – группа специфических молекул, размером 0,3-0,8 нм, состоящих только из атомов углерода. Широкий спектр их биологических эффектов с одной стороны и неспособность ими преодолеть клеточные мембраны с другой, ставят вопрос о мессенджере эффектов C_{60} . Наиболее вероятным посредником может быть мелатонин, нормализация выработки которого осуществляется за счет восстановления фуллеренами чувствительности данных клеток к факторам физической природы сверх низкой интенсивности, через коррекцию внутриклеточного уровня активных форм кислорода на уровне гелевых – зольных переходов.

Ключевые слова: фуллерены, мелатонин, мессенджеры.

Синтез и изучение препаратов нанотехнологии в XXI столетии приобретает актуальность из-за высокого уровня заболеваемости, инвалидности и смертности от сердечно-сосудистой патологии, болезней органов дыхания, онкозаболеваний и многих других недугов [1].

Одним из направлений нанотехнологий в медицине является применение фуллеренов (C_{60}) – группы специфических молекул, размером 0,3-0,8 нм, состоящих только из атомов углерода, которые образуют каркас из 12 пятиугольников и нескольких шестиугольников. Своим названием эти соединения обязаны инженеру и дизайнеру Р. Бакминстеру Фуллеру, чьи геодезические конструкции построены по этому принципу. Впервые фуллерены были синтезированы в 1985 г. 1992 г., их обнаружили в древних пластах земной коры, шунгите. Открытие фуллеренов удостоено Нобелевской премии по химии за 1997 г. и стало одним из ярких научных достижений конца XX века. Наиболее полно изучен представитель семейства фуллеренов – фуллерен-60 (C_{60}). Известны также фуллерены C_{70} и C_{84} [2, 3, 4].

Долгое время клинические эффекты чистых фуллеренов связывали с их прямым влиянием на биологические мишени, экстраполируя на C_{60} данные свойств фуллеренов, несущих дополнительные химические соединения. В качестве мишеней для чистых фуллеренов, впрочем, как и для модифицированных, рассматривались энергетические системы нейронов, эндотелий сосудов мозга, ДНК, клеточные мембраны и т. д. [2, 5-9]. Однако, результаты последних исследований, касающихся «мембранотропных» свойств чистых гидратированных фуллеренов, требуют пересмотра представлений о механизме действия данных соединений, прежде всего из-за неспособности C_{60} проникать через клеточные мембраны, в том числе и желудочно-кишечного тракта, что показано в работе Tighe A. Spurlin [10].

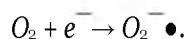
Андриевский Г.В. и соавт., являющиеся разработчиками раствора гидратированных фуллеренов (HyFn), основные эффекты этих соединений, наблюдаемые *in vitro* и *in vivo*, связывают не с их непосредственным участием в тех или иных химических реакциях, а с изменением структурной организации вне- и внутриклеточной воды за счет собственных водных оболочек. Таким образом, в качестве своеобразного мессенджера выступают водные структуры [2, 11].

Действительно, в результате многочисленных исследований было установлено, что фуллерены, встроенные в структуры воды, за счет последних, способны сильно влиять на соседствующую объемную воду, упорядочивая ее структуру в особый сфериче-

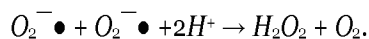
ский кластер. С использованием широкого набора физико-химических методов были получены данные, на основании которых сделан вывод, что основным механизмом стабилизации фуллеренов в водных растворах является образование супрамолекулярного комплекса типа $C_{60}\{H_2O\}_n$. В комплексе молекула фуллерена окружена сферическими слоями взаимодействующих друг с другом молекул воды [5, 11].

По гипотезе Андриевского Г.В., именно такой структурой объясняется, в частности, уникальная антиоксидантная активность *HuFn*. Согласно его модели, однотипные свободные радикалы адсорбируются и концентрируются в одном упорядоченном слое гидратной оболочки. В этом месте высока вероятность взаимной рекомбинации (диспропорционирования) свободных радикалов с последующим образованием нейтральных молекул. Из приведенной схемы следует, что такая водно-фуллереновая система является одновременно матрицей для синтеза и наработки более сложных молекул, и своеобразным «протектором» от радикального распада тех молекул, которые синтезировались в ее присутствии [2, 11].

С другой стороны, механизм Андриевского Г.В. предполагает, что гидратированные фуллерены могут выступать не только как возможные катализаторы рекомбинации однотипных радикалов, но и как прооксиданты – генераторы активных форм кислорода. То, что активные формы кислорода образуются при освещении растворов фуллеренов как УФ-, так и видимым светом, было показано в целом ряде работ. Однако, в отличие от большинства веществ, называемых фотодинамическими красителями, которые при освещении генерируют синглетный кислород (электронно-возбужденная форма кислорода, мощный окислитель) [12], оказалось, что при фотовозбуждении фуллеренов в воде генерируются супероксид-анион радикал ($O_2^- \bullet$) и, возможно, гидроксил-радикал ($\bullet OH$) [13]. В присутствии доноров электронов, например, *NADH* или восстановленного глутатиона, их продукция резко возрастает. Супероксидный радикал может появляться только при восстановлении молекулярного кислорода, следовательно, фуллерены способствуют его потреблению в воде:



Как оказалось, фуллерены осуществляют и катализ дисмутации супероксидных радикалов:



Действительно, есть сообщения о том, что в присутствии некоторых водорастворимых производных фуллеренов в среде образуется перекись водорода [14], однако, поскольку она, видимо, не накапливается, то процесс восстановления может идти дальше. Конечным продуктом полного восстановления кислорода является вода. Процесс такого одноэлектронного восстановления кислорода, по существу, представляет собой процесс горения [15]. Промежуточные продукты на пути этого процесса – сильные окислители. Весьма вероятно, что устранение в присутствии гидратированных фуллеренов разнообразных свободных радикалов и других недоокисленных продуктов (перекисей, ненасыщенных липидов, белков, конъюгированных диенов) обеспечивается, главным образом, не тем, что фуллерены являются «губкой» для свободных радикалов, а тем, что в присутствии фуллеренов происходит «дожигание» этих недоокисленных продуктов метаболизма.

Следствием прямого восстановления кислорода является освобождение по ходу этого процесса энергии высокого качества – энергии электронного возбуждения. Эта энергия может использоваться как для осуществления тех реакций, которые без нее не протекают, так и для организации и ритмичного протекания других процессов [16, 17]. Таким образом, фуллерены могут выступать в роли организаторов разнообразных реакций и процессов, которые без них протекают менее эффективно.

Изложенные факты справедливы для тканей, находящихся в непосредственном контакте с водными оболочками фуллеренов (слизистая желудочно-кишечного тракта, дыхательных путей, кожа). Поэтому связывать наблюдаемые нейропротекторные эффекты в структурах головного мозга с транзитным прохождением фуллеренов по кишечному тракту [5] не представляется возможным по двум причинам. Во-первых, нет доказательств того, что «волна» структуризации вне- и внутриклеточной воды способна



распространяться на расстояние, исчисляемое миллиардами клеток, а именно такая идея лежит в основе гипотезы Андриевского Г.В. об организме, как о «жидком кристалле» [2, 11]. Во-вторых, мембранные белки-переносчики воды, аквапорины, исключают возможность переноса через мембраны целых водных кластеров, которые в дальнейшем могли бы достигать отдаленных участков организма по кровеносной системе. В связи с этим, требуются уточнения механизма действия подобных наноструктур на человеческий организм, поиск адекватных мессенджеров. Анализ многочисленных эффектов гидратированных фуллеренов позволяет сделать вывод о том, что в роли наиболее вероятного посредника со схожим набором биологических эффектов (табл.1) может выступить мелатонин - гормон, вырабатываемый эпифизом и определенными клетками АПУД-системы из предшественника N-ацетилсеротонина. [35].

Таблица 1
Совпадение биологических эффектов фуллеренов и мелатонина

Эффект/Вещество	Фуллерены	Мелатонин
1. Адаптогенный	[2]	[25, 26]
2. Снотворный	?	[27, 28, 29]
3. Антидепрессивный	[18]	[30]
4. Анальгетический	[2]	[31]
5. Иммуностимулирующий	?	[32]
6. Антиаллергический	[19,20]	[32]
7. Ноотропный	[8]	[33]
8. Антиишемический	[21]	[34]
9. Антиоксидантный	[2]	[33, 35]
10. Противовоспалительный	[22]	[32]
11. Неропротекторный	[5]	[33]
12. Онкопротекторный	[2]	[35, 36]
13. Гипотензивный	[21]	[34, 37]
14. Антиасклеротический	[21]	[34]
15. Антибактериальный	[23]	[38]
16. Противовирусный	[23]	?
17. Спазмолитический	[21]	?
18. Бронхолитический	[24]	?
19. Торможение старения	[2]	[39]

Примечание: цифрами указаны литературные источники

клетках: эозинофильных лейкоцитах, тромбоцитах, эндотелиоцитах, тучных клетках и естественных киллерах [35]. Проведенный математический анализ позволяет считать, что общее количество энтерохромаффинных клеток на всем протяжении кишечника значительно больше, чем возможное число мелатонин-продуцирующих клеток в пинеальной железе. Желудочно-кишечный тракт птиц и млекопитающих содержит, по крайней мере, в 400 раз больше мелатонина, чем пинеальная железа. Эти данные, а так же тот факт, что в энтерохромаффинных клетках содержится около 95% всего эндогенного серотонина, главного предшественника мелатонина, позволяет рассматривать энтерохромаффинные клетки в качестве основного источника мелатонина в организме человека и животных [35, 40, 41].

Длительное время считалось, что отсутствие света является основным фактором, стимулирующим выработку мелатонина клетками эпифиза, за что гормон и назвали «гормоном ночи» (его концентрация в ночное время составляет у здоровых лиц от 40 до 160 нг./л.). В исследованиях было показано, что на свету синтетические и секреторные процессы в эпифизе подавляются [42], так как свет ингибирует выброс норадреналина симпатическими окончаниями [43]. Однако, исключение визуальной информации (например, слепота или другие условия) почти не нарушало 24-часового ритма секреции мелатонина [44]. При попытке навязать укороченный или удлинненный ритм организм, как правило, вырывается из него и возвращается к характерной циркадной частоте [45]. Как оказалось в дальнейшем, на выработку мелатонина сильное влияние оказывают электромагнит-

Исключения, касающиеся бронхолитического, противовирусного и иммуностимулирующего эффектов, могут быть обусловлены отсутствием проведенных в этих направлениях исследований.

В настоящее время установлено, что эпифиз не является единственным органом, способным синтезировать мелатонин. Экстрапинеальный мелатонин широко распространен в организме человека и животных. Клетки, продуцирующие его, обнаружены в желудочно-кишечном тракте, дыхательных путях, поджелудочной железе, надпочечниках, щитовидной железе, тимусе, мозжечке, мочеполовой системе, плаценте и других органах [35]. Кроме того, обнаружен активный синтез мелатонина в неэндокринных

ные поля. Известно, что живые организмы воспринимают магнитные, электрические и радиационные поля, сила которых имеет тот же порядок, что и соответствующие поля Земли, и максимально воспринимают такие изменения силы и направленности векторов, условия которых близки к нормальным параметрам данных полей. Горизонтальный вектор земного магнитного поля имеет четко выраженные суточные колебания [45]. Показано, что на уровень мелатонина в крови влияют электромагнитные поля [37], причем, чем интенсивнее изменения электромагнитного поля Земли, тем более выражено подавление продукции мелатонина. Искусственные электромагнитные поля также подавляют продукцию мелатонина [45]. Подобный эффект может объясняться, как наложениями на внутренние электромагнитные поля внешних волн диапазона 1ГГц (сбой работы в условиях электромагнитного смога), источниками которых являются сотовые телефоны, линии электромагнитных передач, компьютеры, телевизоры и другие электроприборы, так и эффектом «лембовского сдвига» -энергетических уровней электронов в атоме водорода, что вносит дисимметрию в структуры биомолекул и воды, обуславливая энергетический перепад и изменение параметров биохимических реакций и электромагнитного поля на клеточном уровне, приводя, таким образом, к угнетению синтетических процессов [19, 46, 47].

Восстановление вне- и внутриклеточных водных структур клеток, вырабатывающих мелатонин, за счет упорядоченных водных оболочек фуллеренов при их непосредственном контакте, вероятно, приводит к восстановлению параметров внутренних электромагнитных полей, уровня активных форм кислорода и ритма золь-гель переходов в ядре и цитоплазме. Подобные изменения реализуются в способности данных клеток реагировать на изменения электромагнитного поля Земли.

Эти представления находят свое подтверждение в том, что между пограничной и объемной водой всегда существует разность потенциалов, которая может достигать 150 мВ, причем пограничная вода заряжена относительно объемной отрицательно. Ее отрицательный заряд обусловлен выталкиванием протонов, которые концентрируются в объемной воде вблизи слоя пограничной воды. Между электродами, помещенными в обе среды, течет хотя и слабый, но не затухающий ток. Это значит, что пограничная вода, создаваемая гидратированными фуллеренами, является источником электронов и сама способна формировать электромагнитные поля [48].

Кроме того, в результате исследований, проведенных в лаборатории хронобиологии НИИ физики Ростовского государственного университета, было показано, что в экспериментальных исследованиях ритмов золь-гель фазовых переходов в компартаментах одиночной клетки получены факты в пользу гипотезы о физической природе сигналов синхронизации этих ритмов. Генерация акустических и электромагнитных волн при фазовом переходе первого рода золь в гель может объяснить многие гидродинамические эффекты цитозологии и межклеточных взаимодействий. В свою очередь, восприятие слабых информационных сигналов физической природы, закрепленных в онтогенезе и в филогенезе как биологически значимых, обеспечивается соответствующей морфологической структурой с переходом геля в золь как универсального акцептора любых физических воздействий при тепловой диссипации поглощенной энергии [38, 49].

Ритмы золь-гель переходов в ядре и в цитоплазме клетки различаются по спектру, условиям синхронизации, возникновению солитонов и кластерной структуры воды. Их параметры зависят от биохимического и микроэлементного состава, а так же от активных форм кислорода, на уровень которых непосредственно влияют водные структуры гидратированных фуллеренов [2, 38].

Таким образом, исходя из вышепредставленных данных, механизм действия гидратированных фуллеренов может быть представлен следующим образом: гидратные оболочки фуллеренов при контакте с мембраной мелатонинпродуцирующей клетки восстанавливают нормальное кластерное состояние внутриклеточной воды и, как следствие, электромагнитное поле, корректируют уровень активных форм кислорода, что нормализует ритм золь-гель переходов на уровне цитоплазмы и ядра клетки, универсальных акцепторов любых физических воздействий, в том числе и колебаний электромагнитных полей Земли сверх низкой интенсивности. Восстановленный подобным



образом циркадный ритм синтеза мелатонина реализуется на уровне целого организма в виде эффектов представленных в таблице.

Проведение дополнительных исследований в этом направлении позволит уточнить молекулярный механизм действия гидратированных фуллеренов, а в отношении мелатонина - детализировать спектр его биологических эффектов.

Список литературы

1. Peter E. Cohan Technology and Value Creation in Combinatorial Materials Science. COMB! – The 4th Annual International Symposium on Combinatorial Approaches for New Materials Discovery. – San Diego, CA USA, 2001. – 231 p.
2. Андриевский Г.В., Клочков В.К., Дервянченко Л.И. Токсична ли молекула фуллере-на C₆₀?, или к вопросу: «какой свет будет дан фуллереновым нанотехнологиям – красный или все-таки зеленый?». – Институт терапии АМН Украины, 2004. – С. 1-6.
3. Калинин Ю.К. Экологический потенциал шунгита. Шунгиты и безопасность жизнедеятельности человека. – Материалы первой всероссийской научно-практической конференции (3-5 октября 2006 г.). – Петрозаводск, 2007. – С. 5-10.
4. Соколов В.И., Станкевич И.В. Фуллерены - новые аллотропные формы углерода: структура, электронное строение и химические свойства // Успехи химии. – 1993. – Т. 62, вып. 5. – С. 455.
5. Tikhomirov A.A., Andrievsky G.V. Chronic alcoholization-induced damage to astroglia and intensification of lipid peroxidation in the rat brain protector effect of hydrated form of fullerene C₆₀ // Neurophysiology. – 2007. – Vol. 39, №2. – P. 119-125.
6. Lai Y.L., Murugan P., Hwang K.C. Fullerene derivative attenuates ischemia-reperfusion-induced lung injury // Life Sc. – 2003. – Vol. 72, № 11. – P. 1271-1278.
7. Онищенко Е.Н. Фуллерены как антиоксиданты // Бюллетень ПерсТ. – 2002. – Т. 22. – С. 1-3.
8. Ширинкин С.В. Медицинские нанотехнологии. Использование природных фуллеренов при патологии памяти, внимания и реакций // Мир психологии. – 2007. – Т.3, вып. 51. – С. 170-174.
9. Запороцкая И.В., Чернозатонский Л.А. Исследование механизма положительного влияния фуллере-на на процессы восстановления пространственной памяти // Вестник новых медицинских технологий. – 2005. – Вып. 2. – С. 117-119.
10. Tighe A. Spurlin, Andrew A. Gewirth. Effect of C₆₀ on supported lipid bilayers // Nanoletters. – 2007. – Vol. 7, № 2. – P. 531-535.
11. Андриевский Г.В. Универсальная биологическая активность гидратированного фуллере-на и его наноструктур, как ключ к пониманию закономерностей действия сверхмалых доз. «Механизмы действия сверхмалых доз». Тез. докл. 4 международн. симп. 28-29 октября 2008. – М., 2008. – С. 6-7.
12. Andrievsky G.V., Klochkov V.K., Bolbukh T.V., Dovbeshko G.I. Comparative analysis of two aqueous-colloidal solutions of C₆₀ fullerene with help of FT-IR Reflectance and UV-VIS spectroscopy // Chem. Phys. Letters. – 2002. – № 364. – P. 8-17.
13. Yamakoshi Y., Umezawa N., Ryu A., Arakane K., Miyata N., Goda Y., Masumizu T., Nagano T. Active oxygen species generated from photoexcited fullerene (C₆₀) as potential medicines: O₂• versus 'O₂// J. Am. Chem. Soc. – 2003. – Vol. 125, № 42. – P. 12803-12809.
14. Wolff D.J., Mialkowski K., Richardson C.F., Wilson S.R. C₆₀-Fullerene monomalonate adducts selectively inactivate neuronal nitric oxide synthase by uncoupling the formation of reactive oxygen intermediates from nitric oxide production // Biochemistry. – 2001. – Vol. 40, № 1. – P. 37-45.
15. Voeikov V.L. Biological significance of active oxygen-dependent processes in aqueous systems. In: Water and the Cell. (G. Pollack, I. Cameron and D. Wheatley, eds.). – The Netherlands: Springer Press, 2006. – 285-298 p.
16. Воейков В.Л. Вода – основа живого состояния и жизненных функций. Тез. докл. 4-го Международн. симп. «Механизмы действия сверхмалых доз». 28-29 октября 2008. – М., 2008. – С. 23-24.
17. Влияние гидратированных фуллеренов в сверхмалых дозах на щелочную фосфатазу и пероксидазу in vitro. До Минь Ха, Виленская Н.Д., Малышенко С.И. и др. Тез. докл. 4-го Международн. симп. «Механизмы действия сверхмалых доз». 28-29 октября 2008. – М., 2008. – С. 34-35.
18. Голофеевский В.Ю., Никитина В.Н., Калинина В.И., Ващенко В.В., Дыдышко В. Т. Оценка эффективности лечения сердечно-сосудистых больных в условиях больничной палаты

с магнизиально-шунгитовым покрытием. Шунгиты и безопасность жизнедеятельности человека. - Материалы первой всероссийск. научн.-практ. конф. (3-5 октября 2006 г.). - Петрозаводск, 2007. - С. 41-45.

19. Хадарцев А.А., Туктамышев И.Ш. Шунгит в медицине. - Тула, 2005. - 3 -11 с.
20. John J. Ryan, Henry R. Bateman, Alex Stover, Greg Gomez, Sarah K. Norton, We Zhao, Lawrence B. Schwartz, Robert Lenk, Christopher L. Kepley. Fullerene Nanomaterials Inhibit the Allergic Response // *The Journal of Immunology*. - 2007. - № 179. - P. 665-672.
21. Сыренский А.В., Галагудза М.М., Егорова Е.И. Предпосылки к изучению сердечно-сосудистых эффектов производных фуллерена // *Артериальная гипертензия*. - 2004. - Т. 10, вып.3. - С.1-7.
22. Baierl T., Seidel A. In vitro effects of fullerene C60 and fullerene black on immunofunctions of macrophages // *Full. Sci. Technol.* - 1996. - №4. - P. 1073-1085.
23. Пиотровский Л.Б., Киселев О.И. На пути к наномедицине. Фуллерены в биологии. - Северо-западное отделение Российской академии наук. - С-Пб: «Росток», 2006. - С. 257-258.
24. Ширинкин С.В. Применение шунгитового фуллереноподобного углерода в терапии бронхообструктивного синдрома. Шунгиты и безопасность жизнедеятельности человека. Материалы первой всероссийск. научн.-практ. конф. (3-5 октября 2006 г.). - Петрозаводск, 2007. - С. 88-94.
25. Арушальян Э.Б. Антистрессорные возможности эпифизарного мелатонина // *Мелатонин в норме и патологии*. - М.: Медпрактика, 2004. - 198-222 с.
26. Батурин В.А., Арушипян Э.Б. Особенности синхронизирующего действия мелатонина на динамику циркадианной подвижности крыс // *Журн. высш. нервн. деят.* - 1990. - Т. 40, вып. 40. - С. 681-687.
27. Яхно П.Н. Отчет о клинической эффективности препарата мелаксен фирмы «Юнифарм», при лечении инсомний // *Лечащий врач*. - 1999. - 3-5 с.
28. Lieberman H.R., Lea A.E. Melatonin: effect on sleep and behavior in man. In: *Melatonin. Clinical Perspectives* // Oxford Univ. Press. - 1988. - 118-127 p.
29. Ковальзон В.М., Вейн А.М. Мелатонин и сон // *Мелатонин в норме и патологии*. - М.: Медпрактика, 2004. - 182-197 с.
30. Арушальян Э.Б., Батурин В.А. Депрессия, антидепрессанты и биологические часы // *Журн. невропатол. и психиатрии*. - 1995. - Т. 95, вып.3. - С. 85-89.
31. Левин Я.Н. Мелатонин (мелаксен) в терапии инсомний // *РМЖ*. - 2005. - Вып. 7. - С. 1-3.
32. Арушипян Э.Б., Бейер Э.В. Иммунотропные свойства эпифизарного мелатонина // *Экспер. и клин. фармакол.* - 2002. - Т. 65, вып. 5. - С. 73-80.
33. Арушальян Э.Б. Гормон эпифиза мелатонин - новое ноотропное средство? // *Экспер. и клин. фармакол.* - 2005. - Т. 68, вып.3. - С. 74-79.
34. Кветная Т.В. Мелатонин: роль и значение в возрастной патологии. - Под ред. Хавинсона В.Х. - СПб.: ВмедА, 2003. - 81 с.
35. Комаров Ф.И., Рапопорт С.И., Малиновская Н.К., Анисимов В.Н. Эпифиз - орган-мишень биотропного действия естественных магнитных волн. Мелатонин в норме и патологии. - М.: Медпрактика, 2004. - 308 с.
36. Barisch C., Bartsch H. Significance of melatonin in malignant diseases // *Wien. Klin. Wochenschr.* - 1997. - № 109. - P. 722-729.
37. Рапопорт С.П., Шаталова А.М. Мелатонин и регуляция деятельности сердечно-сосудистой системы // *Клин. мед.* - 2001. - Т. 79, вып. 6. - С. 4-7.
38. Рапопорт С.И. Отчет о научно-исследовательской работе Проблемной комиссии РАМН по хронобиологии и хропомедицине. - М., 2006. - 3-7 с.
39. Reiser R.J. The pineal gland and melatonin in relation to aging: A summary of the theories and the data // *Exp. Gerontol.* - 1995. - Vol. 30, №199. - P. 212.
40. Осадчук М.А., Киричук В.Ф., Кветной И.М. Диффузная нейроэндокринная система: общепатологические и гастроэнтерологические аспекты. - Саратов: Изд-во Саратов. мед. ун-та, 1996. - 128 с.
41. Райхлин Н. Т., Кветной И.М. Диффузная эндокринная система (АПУД-система). - М.: Медицина, 1992. - 5-24 с.
42. Кандрор В.И. Руководство по клинической эндокринологии. - СПб, 1996. - С. 388-394.
43. Теппермен Дж., Теппермен Х. Физиология обмена веществ и эндокринной системы. - М.: Медицина, 1989. - 64 с.
44. Мур Р.И. Репродуктивная эндокринология. - М.: Медицина, 1998. - Т. 1. - С. 16-52.
45. Браун Ф. Сравнительная физиология животных. - М.: Медицина, 1977. - Т. 2. - С. 210-260.



46. Григорьев Ю.Г. Радиационная биология // Радиоэкология. – 2001. – Т. 41, вып. 5. – С. 500-513.

47. Куротченко С.П., Субботина Т.Н., Туктамышев И.И., Туктамышев И.Ш., Яшин А.А. Влияние аппаратуры сотовой связи на жизненные функции организма при экранировании минералом шунгити // Вестник новых медицинских технологий. – 2004. – Т. 11, вып. 4. – С. 137.

48. Zheng J.M., Pollack G.H. Long-range forces extending from polymer-gel surfaces // Phys. Rev. E. Stat. Nonlin Soft. Matter. Phys. – 2003. – Vol. 68, № 3. – P. 11.

49. Бурлакова Е.Б., Конрадов А.А., Мальцева Е.Л. Действие сверхмалых доз биологически активных веществ и низкоинтенсивных физических факторов. «Механизмы действия сверхмалых доз». Тез. докл. 4-го Международн. симп. «Механизмы действия сверхмалых доз». 28-29 октября 2008. – М., 2008. – С. 12.

REVIEW OF DATA ABOUT MECHANISM OF INFLUENCE OF HYDRATED FULLERENE UPON BIOLOGICAL SYSTEMS

T.O. Volkova¹

S.V. Shirinkin²

A.A. Shaposhnikov²

¹ Petrozavodsk State Universiti
Lenina Av., 33 Petrozavodsk, 185640,
Russia

² Belgorod State National Research
University

Pobedy St. 85, Belgorod, 308015,
Russia

E-mail: fedorova@bsu.edu.ru

Fullerenes (C₆₀) - is a group of specific molecules measuring 0,3-0,8 nm, consisting only of carbon atoms. A broad spectrum of their biological effects from one hand and their incapability to pass through cell membrane from the other hand raise a question about the messenger of effect C₆₀. Most probable mediator can be melatonin, the normalization of its production is realized owing to restoration by fullerenes of the sensitivity of given cells to physical nature of extra low intensity factors, by the use of intra cell level correction of oxygen active forms at the level of ash-gel transition.

Key words: fullerenes, melatonin, messengers.