



МЕЖКЛЕТОЧНАЯ КОММУНИКАЦИЯ ПОСРЕДСТВОМ КОГЕРЕНТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

ЧАСТЬ 2*

А.В.Будаговский, ВНИИГиСПР им. И.В.Мичурина,
Мичуринский ГАУ,
О.Н.Будаговская, Мичуринский ГАУ, ВНИИС
им. В.И.Мичурина, Мичуринск
И.А.Будаговский, ФИАН им. П.Н. Лебедева, Москва

Пожалуй, самый дискуссионный и драматический вопрос биологии: превращение генетической информации, то есть последовательности нуклеотидов, в сложнейшую архитектуру целостного организма. Его пытаются решить на протяжении последней сотни лет, выдвигая как вполне реальные, так и совершенно фантастические представления. Неудачи, на взгляд авторов статьи, связаны с тем, что распознавание сверхслабых сигналов биогемилюминесценции проходит на фоне существенно более интенсивной естественной освещенности. Величина фотоиндуцированной реакции как прокариот, так и эукариот, зависит от статистической упорядоченности действующего излучения. В статье доказывается, что наибольший стимуляционный эффект проявляется в случае, когда клетка полностью помещается в объеме когерентности поля.

ВВЕДЕНИЕ

В первой части статьи отражалась история вопроса [1-24], приводились результаты экспериментов по обнаружению феномена дистанционного межклеточного взаимодействия (ДМВ), которые успешно воспроизводились во многих лабораториях [25-31], обсуждались различные концепции механизма полевого взаимодействия [32-39], акцентировалось внимание на обнаружение способности биоси-

INTERCELLULAR COMMUNICATION THROUGH COHERENT RADIATION

PART 2*

A.V. Budagovsky^{1,2}, O.N. Budagovskaya^{2,3},
I.A. Budagovsky⁴
¹V.I. Michurin Russian Research Institute of Genetics
and Selection of Fruit Plants; ²Michurinsk State
Agrarian University;
³V.I. Michurin Russian Research Institute of
Horticulture, Michurinsk; ⁴P.N. Lebedev Physical
Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow

Probably the most discussed and dramatic issue of biology consists in the transformation of genetic information or nucleotide sequence into the complex architectonics of integral organism. Specialists have been trying to solve it over the period of last hundred years suggesting quite realistic and absolutely fantastic conceptions. In the opinion of article authors, failures are connected with the fact that the recognition of superweak signals of biochemical luminescence takes place against the background of significantly more intense natural illumination. The value of photoinduced reaction of prokaryotes and eukaryotes depends on the statistical orderliness of active radiation. It is proved in the article that the highest stimulation effect is shown when the cell is completely fitted in the volume of field coherence.

INTRODUCTION

In the first part of the article, the history of the issue was reflected [1-24], experimental results on the detection of phenomenon of remote intercellular interaction (RII), which were successfully reproduced in many laboratories [25-31], were given, the various concepts of field interaction mechanism were discussed [32-39], the special attention was paid to the detection of biosystem capability to generate coherent photons [40-46], and the necessary conditions for existence of field communication channel were determined [47-53]. It was shown that low-intensity coherent radiation enhances

* Часть 1 см.: Фотоника, 2016, № 3 (57), с. 148-164.

стем генерировать когерентные фотоны [40–46], определялись необходимые условия существования полевого коммуникационного канала [47–53]. Было показано, что низкоинтенсивное когерентное излучение усиливает эффект дистанционного межклеточного взаимодействия; что собственное излучение клеток, выполняющее коммуникационную функцию, обладает более высокой, чем у естественного света статистической упорядоченностью (когерентностью). Поэтому для распознавания сверхслабых сигналов биохимиллюминесценции на фоне существенно более интенсивной естественной освещенности мы ввели допущение, что клетки обладают способностью генерировать когерентные (коррелированные по фазам) фотоны и реагировать на них повышением своей функциональной активности [54]. Это допущение верно, если соблюдается условие, когда в биологической среде не должно проходить значительной стохастизации (нарушения корреляции фаз) фотонного коллектива, по крайней мере на протяжении нескольких клеточных слоев. Но рассмотрим, сохраняются ли статистические свойства когерентного излучения при прохождении нескольких клеточных слоев?

СОХРАНЯЮТСЯ ЛИ СТАТИСТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОГЕРЕНТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ?

Ранее в работах [45, 55] было показано, что квазимонохроматическое излучение сохраняет достаточную для регистрации фазовым детектором пространственную когерентность при прохождении через растительную ткань толщиной несколько миллиметров (рис.5). В такой толщине содержатся десятки и сотни клеточных слоев. Похожие результаты были получены и на животных тканях [56, 57]. Говорить о значительной потере временной когерентности нет оснований, так как скорость перемещения центров рассеяния в клетках мала, а влияние других эффектов незначительно. Следовательно, и такое необходимое условие существования полевого коммуникационного канала, как отсутствие потери когерентности, выполняется.

СПОСОБНЫ ЛИ КЛЕТКИ РЕАГИРОВАТЬ НА КОГЕРЕНТНОСТЬ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ?

Способны ли клетки реагировать на когерентность действующего излучения, то есть

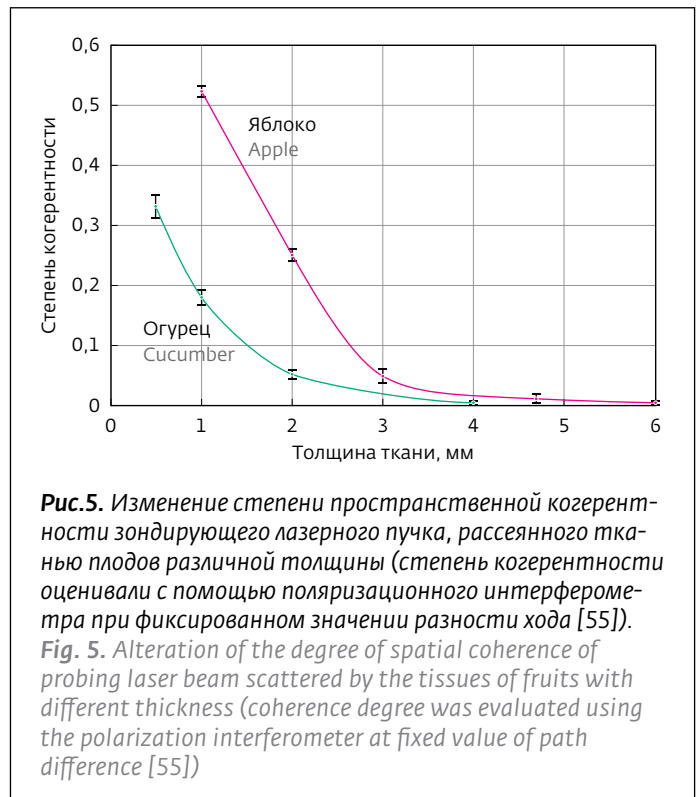


Рис.5. Изменение степени пространственной когерентности зондирующего лазерного пучка, рассеянного тканью плодов различной толщины (степень когерентности оценивали с помощью поляризационного интерферометра при фиксированном значении разности хода [55]).

Fig. 5. Alteration of the degree of spatial coherence of probing laser beam scattered by the tissues of fruits with different thickness (coherence degree was evaluated using the polarization interferometer at fixed value of path difference [55])

the effect of remote intercellular interaction, that own radiation of cells fulfilling the communication function has higher statistical orderliness (coherence) in comparison with natural light. Therefore, in order to recognize superweak signals of biochemical luminescence against the background of significantly more intensive natural illumination, we introduced the assumption that cells have the capability to generate coherent (correlated by phases) photons and respond to them by the increase of functional activity [54]. This assumption is true when the following condition is observed: the significant stochastization (disturbance of phase correlation) of photon group does not occur in biological environment at least within several cell layers. But let us consider if the statistical properties of coherent radiation are retained in case of propagation through several cell layers.

ARE STATISTICAL PROPERTIES OF COHERENT RADIATION RETAINED?

Earlier in the papers [45, 55] it was shown that quasi-monochromatic radiation retains the spatial coherence, which is sufficient for the record by phase detector, in case of



могут ли они различать статистическую упорядоченность электромагнитного поля? Дискуссия по этому вопросу продолжается уже более 35 лет. В научной литературе обосновываются диаметрально противоположные точки зрения. Подробный анализ их обоснований проведен в работах [53, 55]. В основе противоречий лежит качественная оценка статистических свойств излучения, действующего на биологические объекты. Квазимонохроматический свет, полученный от различных источников (лазерных, светодиодных, газоразрядных, тепловых), специалисты традиционно делят на две категории – "когерентный" и "некогерентный", без указания количественных значений этих показателей. Такой подход не позволяет однозначно трактовать экспериментальные результаты и часто приводит к ошибочным выводам.

Итак, ответ на поставленный вопрос был получен при проведении следующего опыта. Динамическую систему "хозяин – паразит", клетки элементов которой различались по размеру и взаимодействовали по механизму индуцированного иммунитета, облучали квазимонохроматическим светом с высокой или низкой когерентностью. Такой системой служили плоды яблони (размер клеток 40–50 мкм), осемененные спорами патогенных грибов (размер клеток 3–8 мкм). Источником высококогерентного излучения служил гелий-неоновый лазер, низкокогерентного – лампа накаливания с системой светофильтров и апертурных диафрагм. У обоих световых потоков энергетические параметры были подобны и не различались в пределах ошибки измерений: длина волны в максимуме спектральной линии равнялась 633 нм, плотность мощности 4 Вт/м². О статистической упорядоченности излучения судили по характеристическим параметрам пространственно-временной когерентности: длине когерентности L_k и радиусу корреляции r_k . Они определяют объем когерентности поля, т.е. область пространства с достаточно высокой корреляцией фаз фотонного коллектива. При лазерном облучении L_k и r_k превышали 1000 мкм. В случае лампы накаливания оба эти показателя были около 8 мкм. Контроль находился в условиях фоновой освещенности 30–40 лк, имеющей радиус корреляции и длину когерентности около 1 мкм, и был

propagation through the plant tissue with the thickness of several millimeters (Fig. 5). Tens and hundreds of cell layers are contained in such thickness. Similar results were obtained using the animal tissues [56, 57]. There are no grounds to talk about the significant loss of time coherence because the speed of scattering center movement in cells is low and influence of other effects is insignificant. Thus, such condition, which is required for the existence of field communication channel, as absence of coherence loss is observed.

ARE CELLS CAPABLE TO RESPOND TO THE COHERENCE OF ACTIVE RADIATION?

Are cells capable to respond to the coherence of active radiation, in other words, can they differentiate the statistical orderliness of electromagnetic field? This matter has been discussed for over 35 years already. In the scientific literature there are two diametrical points of view substantiated. Their detailed analysis is given in the papers [53, 55]. The qualitative evaluation of statistical properties of radiation, which has impact on biological objects, is the basis of contradictions. Quasi-monochromatic light obtained from different sources (laser, light-diode, gas-discharge, heat sources) is traditionally divided into two categories by specialists: "coherent" and "incoherent" without indication of quantitative values of these parameters. Such approach does not allow interpreting explicitly the experimental results and often results in erroneous conclusions.

Therefore, the answer to risen question was received in the following experiment. The dynamic system "master – parasite", which element cells were different in size and interacted on the basis of mechanism of induced immunity, was irradiated by quasi-monochromatic light with high or low coherence. Such system included the fruits of apple tree (size of cells 40–50 μm) inseminated with the spores of pathogenic fungi (size of cells 3–8 μm). Helium-neon laser was used as the source of high-coherence radiation, and incandescent lamp with the system of light filters and aperture diaphragms was used as the source of low-coherence radiation. In both light fluxes

тщательно изолирован от квазимонохроматического излучения. Эксперимент и его методика подробно описаны в работах [53, 55]. Остановимся на наиболее важных результатах.

Динамическая система "хозяин - паразит" продемонстрировала прямо противоположный характер реакций на свет с низкой и с высокой статистической упорядоченностью фаз фотонного коллектива. Низкокогерентное излучение увеличило потери товарной продукции группы в сравнении с необлученной контрольной группой, вследствие поражения плодов грибной инфекцией. Этот результат указывает на возросшую активность сравнительно мелких клеток паразита. Высококогерентное излучение на всех длительностях световой обработки, наоборот, значительно снизило заболевание плодов (рис.6). Можно полагать, что в этом случае функциональная активность повысилась не только у клеток паразита, но и более крупных клеток хозяина [56-58]. Их иммунная реакция, усиленная вследствие лазерного облучения, подавила развитие патогенных грибов.

Сопоставление размеров клеток в системе "хозяин - паразит" со статистическими параметрами поля приводит к выводу, что функциональная активность наиболее заметно возрастает у клеток, полностью помещающихся в объеме когерентности действующего излучения. В случае лазера такое условие выполняется по отношению к обоим компонентам системы. При использовании квазимонохроматического света лампы накаливания в объеме когерентности полностью помещаются только более мелкие клетки паразита и только у них наблюдали существенное усиление функциональной активности. Из этого следует, что величина детектируемой области фазовых корреляций поля задана наибольшим размером клетки D , а условие распознавания когерентного сигнала имеет вид: $L_k; r_k \geq D$. Тогда параметр D , служащий порогом дискриминации статистических свойств излучения, может быть принят за некую биологическую меру когерентности оптического излучения.

Учитывая величину указанного критерия D , можно сделать вывод, что весь объем клетки принимает участие в оценке статистических свойств излучения. В этом случае наиболее вероятным фазовым детектором

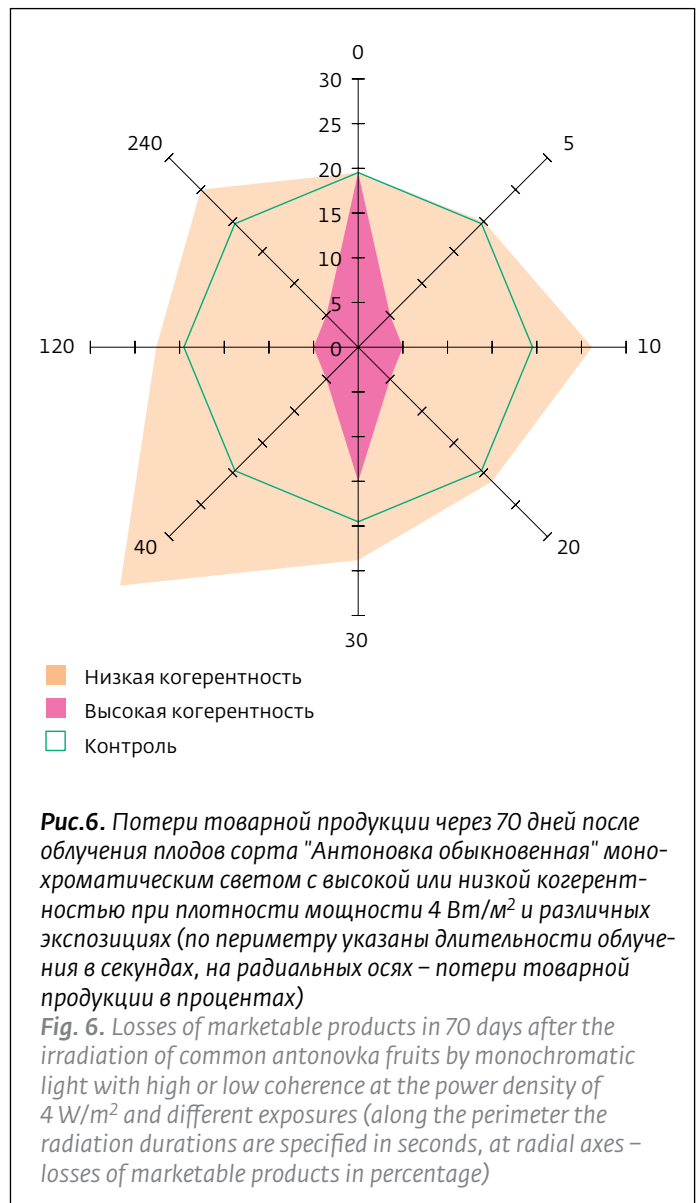


Рис.6. Потери товарной продукции через 70 дней после облучения плодов сорта "Антоновка обыкновенная" монохроматическим светом с высокой или низкой когерентностью при плотности мощности 4 Вт/м^2 и различных экспозициях (по периметру указаны длительности облучения в секундах, на радиальных осях - потери товарной продукции в процентах)

Fig. 6. Losses of marketable products in 70 days after the irradiation of common antonovka fruits by monochromatic light with high or low coherence at the power density of 4 W/m^2 and different exposures (along the perimeter the radiation durations are specified in seconds, at radial axes - losses of marketable products in percentage)

the energy parameters were similar and did not differ within the limits of measurement error: wavelength in maximum of spectral line was equal to 633 nm , power density - 4 W/m^2 . The statistical orderliness of radiation was estimated on the basis of characteristic parameters of spatial time coherence: length of coherence L_k and correlation radius r_k . They determine the volume of field coherence or space area with quite high correlation of phases of photon group. In case with laser radiation, L_k and r_k exceeded $1000 \mu\text{m}$. In case with incandescent lamp, both parameters were equal approximately $8 \mu\text{m}$. The control was under conditions of background



является мембранный пул клетки, то есть совокупность клеточных мембран. Сам липидный бислой практически не поглощает излучение видимой области спектра, но рецепцию фотонов осуществляют ассоциированные с ним хромопротеиды. Вероятно, их возбуждение достаточно когерентным (по критерию D) светом увеличивает вероятность кооперативных процессов в биомембранах и приводит к дискретному (триггерному) изменению их регуляторных функций. В силу этого биологическая эффективность когерентного излучения может оказаться достаточно высокой, чтобы позволить клеткам использовать сверхслабые световые потоки в коммуникационных целях. Такая модель не противоречит известным свойствам биологических мембран [59, 60] и согласуется с представлениями Г.Фрелиха [61] и Н.Д.Девяткова и соавторов [19, 20, 62] о кооперативных и когерентных процессах в клеточных структурах.

Требование нормировки когерентности по критерию D не исключает выполнения других условий функционирования фоторегуляторных систем. Длина волны излучения должна соответствовать спектру поглощения соответствующего акцептора, например ФХ, КХ или ЦХ, а сама клетка быть компетентной, то есть иметь возможность реагировать на действующий раздражитель.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные экспериментальные результаты свидетельствуют, что в биологических системах реализуются условия, необходимые для участия сверхслабого эндогенного излучения в фоторегуляторных процессах. Генерируемые клетками потоки когерентных фотонов (когерентных волн) могут складываться по амплитуде (интерферировать), образуя электромагнитное поле с определенным распределением интенсивности в пространстве. Конфигурация такого поля будет зависеть от соотношения фаз отдельных излучателей и их топологии. В результате возникает возможность избирательной стимуляции и синхронизации клеточной активности, то есть реализации морфогенетического процесса. Подтверждением служат эксперименты по голографической индукции морфогенеза [45, 63].

illumination of 30–40 lux with correlation radius and coherence length of about 1 μm ; it was carefully isolated from quasi-monochromatic radiation. Experiment and its methods are described in details in the papers [53, 55]. Let us discuss the most important results.

The dynamic system "master – parasite" demonstrated directly opposite character of responses to the light with low and high statistical orderliness of phases of photon group. Low-coherence radiation increased the losses of marketable products in comparison with non-irradiated control group as a result of impairment of fruits with fungal infection. This result indicates the grown activity of comparatively small cells of parasite. And vice versa, high-coherence radiation at all durations of treatment significantly decreased the fruit disease (Fig. 6). It can be assumed that in this case the functional activity increased not only in the cells of parasite but in larger-size cells of master [56–58]. Their immune reaction, which became more intensive as a result of laser irradiation, suppressed the development of pathogenic fungi.

Comparison of cell sizes in the system "master – parasite" with the statistical field parameters results in the conclusion that the functional activity grows more noticeably in the cells, which completely fit into the volume of coherence of active radiation. In case with laser, such condition is observed in relation to both system components. When using the quasi-monochromatic light of incandescent lamp, only smaller cells of parasite fit in the volume of coherence and only in these cells the significant intensification of functional activity was observed. Therefore, the value of detected area of field phase correlations is stipulated by the largest size of cell D, and the condition of identification of coherent signal has the following form: $L_k; r_k^3 D$. Then, the parameter D serving as the threshold of discrimination of statistical radiation properties can be applied as certain biological measure of coherence of optical radiation.

Taking into account the value of specified criterion D, the conclusion can be drawn that the whole volume of cell participates in the evaluation of statistical radiation properties. In such case the most probable phase detector includes the membranous pool of cell or set



Проведенные исследования позволяют сделать вывод, что загадочным биополем является биохемилюминесценция, точнее, ее когерентный компонент, а скоррелированное излучение отдельных клеток, объединенное в поле целостного организма, может выступать в качестве "инженера развития", иначе называемым форморегулирующим фактором.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дриш Г. Витализм, его история и система. – С-Пб, 1915.
2. Gurwitsch A.G. Der Vererbungs – mechanismus der Form. – Arch. Entwicklungsmech, 1914, Bd. 39, p. 516–577.
3. Spemann H. Über Organisatoren in der tierischen Entwicklung. – Naturwiss, 1924, Jg.12, p. 1092–1094.
4. Child C.M. Patterns and problems of development. – Chicago Univ. Press., 1941.
5. Уоддингтон К.Х. Основные биологические концепции. – На пути к теоретической биологии. – М.: Мир, 1970, с. 11–38.
6. Уоддингтон К.Х. Морфогенез и генетика. – М.: Мир, 1964.
7. Spemann H. Die Erzeugung tierischer Chimären durch heteroplastische embryonale Transplantation zwischen Triton cristatus und taeniatus. – Arch. Entwicklungsmech d. Organismen., 1921, Bd.48, p. 533–570.
8. Gurwitsch A.G. Über den Begriff des embryonalen Feldes. – Arch. Entwicklungsmech., 1922, Bd.51, H.3/4, p. 383–415.
9. Гурвич А.Г. Теория биологического поля. – М.: Советская Наука, 1944.
10. Гурвич А.Г. Принципы аналитической биологии и теории клеточных полей. – М.: Наука, 1991.
11. Weiss P. Principles in the field of morphogenesis. – Quart. Rev. Biol., 1950, 25, p. 177–198.
12. Светлов П.Г. Физиология (механика) развития. Т. 1. Процессы морфогенеза на клеточном и организменном уровнях. – Л.: Наука, 1978.
13. Синнот Э. Морфогенез растений. – М.: Иностранная литература, 1963.
14. Кольцов Н.К. Организация клетки. – М.: Л.: Государственное издательство биологической и медицинской литературы, 1936.

of cellular membranes. The lipid bilayer itself practically does not absorb the radiation of visible spectral region but the reception of photons is performed by associated chromoproteids. Probably, their excitation by sufficiently coherent (by criterion D) light increases the probability of cooperative processes in biomembranes and results in discrete (trigger) variation of their regulatory functions. Due to this fact, the biological efficiency of coherent radiation can be quite high in order to allow using the superweak light fluxes for communication purposes by the cells. Such model does not contradict to well known properties of biological membranes [59, 60] and agrees with the conceptions of H. Fröhlich [61] and H.D. Devyatkov et al. [19, 20, 62] with respect to cooperative and coherent processes in cellular structures.

Requirement of coherence standardization by criterion D does not exclude the observation of other conditions for photo-regulatory system functioning. Radiation wavelength must correspond with the absorption spectrum of the relevant acceptor, for example, PC, CrC or CC, and the cell itself must be competent or have capability to respond to active stimulus.

CONCLUSION

Obtained experimental results indicate that conditions required for the participation of superweak endogenous radiation in photo-regulatory processes are observed in biological systems. The fluxes of coherent photons (coherent waves) generated by cells can emerge by the amplitude (interfere) forming the electromagnetic field with certain distribution of intensity in space. The configuration of such field will depend on the correlation of phases of individual radiators and their topology. As a result, the capability of selective stimulation and synchronization of cell activity or implementation of morphogenetic process occurs. Experiments on holographic induction of morphogenesis confirm this statement [45, 63].

Carried out studies allow drawing the conclusion that biochemical luminescence, or more properly its coherent component, is the mysterious biofield, and correlated radiation of individual cells united into the field of integral organism can play the role of "development engineer" or form-regulatory factor.





15. Burr H.S., Northrop F.S.C. Evidence for the existence of an electro-dynamic field in living organisms. – Proc. Natl. Acad. Sci., 1939, 25, p. 284–288.
16. Lund E.J. Bioelectric fields and growth. – University of Texas Press. Austin, 1947.
17. Маслоброд С.Н. Электро-физиологическая полярность растений. – Кишинев: Штиинца, 1973.
18. Burr H.S., Sinnott E.W. Electrical correlates of form in cucurbit fruits. – Amer. Jour. Bot., 1944, 31, p. 249–253.
19. Девятков Н.Д., Голант М.Б. О выявлении когерентных КВЧ колебаний, излучаемых живыми организмами. – Медико-биологические аспекты миллиметрового излучения. – М.: ИРЭ АН СССР, 1987, с. 126–130.
20. Девятков Н.Д., Голант М.Б. Бецкий О.В. Миллиметровые волны и их роль в вопросах жизнедеятельности. – М.: Радио и связь, 1991.
21. Голованов М.В., Дерягин Б.В. О формировании и устойчивости периодических суспензий ореолообразующих клеток. – ДАН, 1983, т. 272, № 2, с. 479–480.
22. Голант М.Б., Савостьянова Н.А., Тарасова Т.П. Роль генерации клетками когерентных колебаний в организации клеточных ансамблей. – Электронная техника. Сер. Электроника СВЧ, 1988, вып. 7, с. 29–33.
23. Пресман А.С. Электромагнитные поля и живая природа. – М.: Наука, 1968.
24. Gurwitsch A.G. Die Natur des spezifischen Erregers der Zellteilung. – Arch. Entwicklunsmech., 1923, Bd. 100, N. 1/2, S. 11–40.
25. Казначеев В.П., Шурин С.П., Михайлова Л.П., Игнатович Н.В. О межклеточных дистанционных взаимодействиях в системе двух тканевых культур, связанных оптическим контактом. – Сверхслабые свечения в биологии. – М.: Наука, 1972, с. 224–227.
26. Казначеев В.П., Михайлова Л.П. Сверхслабые излучения в межклеточных взаимодействиях. – Новосибирск: Наука, 1981.
27. Киркин А.Ф. Нехимические дистанционные взаимодействия между клетками в культуре. – Биофизика, 1981, т. 26, вып. 5, с. 839–843.
28. Molchanov A.A., Galantsev V.P. On the functional role of spontaneous photon emission in the mammary gland. Biophotonics. – М.: BioInform Services, 1995, p. 341–347.
29. Popp F.A. Some essential question of biophoton. Reseach and probable answers. – Recent advances in biophoton research and its applications. – World Scientific publishing, Singapore, 1992, p.1–46.
30. Shen X. Information transfer from the neutrophils undergoing respiratory burst to a second chemically separated but optically coupled neutrophil population. – М.: BioInform Services, 1995, p. 303–315.
31. Chang, J.J. Communication between dinoflagellates by means of photon emission. – М: BioInform Services, Co, 1995. – p. 317–330.
32. Кузин А.М. Значение для биоты природных уровней атомной радиации. – Успехи современной биологии, 1995, т. 115, вып. 2, с. 133–140.
33. Кузин А.М. Роль природного радиоактивного фона и вторичного биогенного излучения в явлениях жизни. – М.: Наука, 2002.
34. Кузин А.М., Суркенова Г.Н., Будаговский А.В., Гуди Г.А. Вторичное биогенное излучение γ -облученной крови человека. С. – Радиационная биология. Радиоэкология, 1997, т. 37, вып. 4, с. 577–580.
35. Кузин А.М., Суркенова Г.Н., Ревин А.Ф. Нативный белок, возбужденный γ -радиацией в малых дозах как источник вторичных биогенных излучений. – Радиационная биология. Радиоэкология, 1996, т. 36, вып. 2, с. 284–289.
36. Инюшин В.М., Чекуров П.Р. Биостимуляция лучом лазера и биоплазма. – Алма-Ата: Казахстан, 1975.
37. Акимов А.Е., Курик М.В., Тарасенко В.Я. Влияние спинорного (торсионного) поля на процесс кристаллизации мицеллярных структур. – Биотехнология, 1991, № 3, с. 69–70.
38. Петухов В.Г. О физической регистрации и природе ультрафиолетового излучения микроорганизмов. – Биохемиллюминесценция. – М.: Наука, 1983, с. 210–221.



МИНПРОМТОРГ
РОССИИ



ufi
Approved
Event



Expo Rating

ФОТОНИКА

МИР
ЛАЗЕРОВ
И ОПТИКИ

**28 февраля –
3 марта 2017**

При поддержке Министерства
промышленности и торговли РФ

Под патронатом
Торгово-промышленной палаты РФ



12+
Реклама



12-я международная
специализированная выставка
лазерной, оптической
и оптоэлектронной техники

Россия, Москва, ЦВК «Экспоцентр»

www.photonics-expo.ru



ЛАЗЕРНАЯ АССОЦИАЦИЯ

ЭКСПОЦЕНТР



39. Владимирская Е.Б., Мильман В.Д. Биопотонный механизм активации клеточных программ: колониеобразование в мягком агаре. – Клеточная трансплантология и тканевая инженерия 2012; 7 (1): 92–96.
40. Конев С.В., Вологовский И.Д. Фотобиология. – Минск: Из-во БГУ, 1979.
41. Chomovitz D.A. Light Signaling in Plants. – Critical Reviews in Plant Sciences, 1996, vol. 15, p. 455–478.
42. Kuhlemeier C. Regulation of gene expression in higher plants. – Annual Review of Plant Physiology, 1987, vol. 38, p. 221–257.
43. Баренбойм Г.М., Доманский А.Н., Туроверов К.К. Люминесценция биополимеров и клеток. – М. – Л.: Наука, 1966.
44. Веселовский В.А., Веселова Т.В. Люминесценция растений. Теоретические и практические аспекты. – М.: Наука, 1990.
45. Будаговский А.В. Дистанционное межклеточное взаимодействие. – М.: НПЦЛ Техника, 2004. – 104 с.
46. Ахманов С.А., Дьяков Ю.Е., Чиркин А.С. Введение в статистическую радиофизику и оптику. – М.: Наука, 1981.
47. Быховский В.К. О передаче когерентности в электронную оболочку биологических макромолекул и их комплексов. – Биофизика, т. 18, вып. 1, с. 184–186.
48. Vajrai R.P. Implications of biophotons and their coherent nature. – Biophotonics and coherent systems. – М.: Moscow University Press, 2000, p. 135–140.
49. Popp F.-A. Die Botshagtder Nahrung Unsere Lebensmittel in neuer Sicht. – Frankfurt am Main: Fischer Taschenbuch Verlag GmbH, 1994.
50. Popp F.-A. Hyperbolic relaxation as a sufficient condition of a fully coherent ergodic field. – Int. J. Theor. Phys., 1993, v. 32, № 9, p. 1573–1583.
51. Nagl, W., Popp F.A. – Cytobios., 1983, vol. 37, p. 45–62.
52. Vajrai R.P. Coherent nature of the radiation emitted in delayed luminescence of leaves. – J. Theor. Biol., 1999, vol. 198, № 3, p. 287–299.
53. Budagovsky A.V. Principles of action of coherent electromagnetic fields upon living organisms. – М: BioInform Services, Co, 1995, p. 233–256.
54. Будаговский А.В., Туровцева Н.И., Будаговский И.В. Когерентные электромагнитные поля в дистанционном межклеточном взаимодействии. – Биофизика, 2001, т. 46, № 5, с. 894–900.
55. Будаговский А.В. О способности клеток различать когерентность оптического излучения. – Квантовая электроника, 2005, т. 35, № 4, с.369–374.
56. Hode T., Duncanb D., Kirkpatrick S. et al. The importance of coherence in phototherapy. – Proc. SPIE 7165. Mechanisms for low-light therapy IV. 716507 (February 18, 2009): doi 10.1117/12808563.
57. Qadri T., Bohdanecka P., Tunér J. et al. The importance of coherence length in laser phototherapy of gingival inflammation – a pilot study. – Lasers in Medical Science, 2007, v.4, p.245–251.
58. Будаговский А.В., Соловых Н.В., Будаговская О.Н. и др. Реакция клеток на воздействие квазимонохроматического света различной когерентности. – Квантовая электроника, 2015, т. 45, № 4, с.351–357.
59. Ивков В.Г., Берестовский Г.Н. Липидный слой биологических мембран. – М.: Наука, 1982.
60. Конев С.В. Индуцированные светом структурные перестройки мембран как возможные механизмы регулирования жизненных процессов. – В кн.: Конев С.В. Фоторегуляция метаболизма и морфогенеза растений. – М.: Наука, 1975, с. 37–47.
61. Фрелих Г. Когерентные возбуждения в биологических системах. – Биофизика, 1977, т. 22, вып. 4, с.743–744.
62. Девятков Н.Д., Зубкова С.М., Лапрун И.Б., Макеева Н.С. Физико-химические механизмы биологического действия лазерного излучения. – Успехи современной биологии, 1987, т. 103, вып. 1, с.31–43.
63. Будаговский А.В., Евсеева Р.П., Муратова С.А. Применение голограммы дифференцированного органа для индукции морфогенеза в культуре каллусных тканей плодовых растений. Биология растений in vitro, биотехнология и сохранение генофонда. – В кн.: Тезисы докладов международной конференции. – Москва, 1997, с.79.