

Терагерцевое излучение в комплексном плеопто-ортоптическом лечении амблиопии и устранении функциональной скотомы

К.Ю. Еременко¹, Н.Н. Александрова¹, В.Ф. Киричук²

¹ Кафедра глазных болезней ГБОУ ВПО «Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского» Минздрава России, Саратов;

² Кафедра нормальной физиологии ГБОУ ВПО «Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского» Минздрава России, Саратов

РЕФЕРАТ

Цель. Оценить эффективность терагерцевого излучения на частоте молекулярного спектра излучения и поглощения атмосферного кислорода 129,0 ГГц в комплексном плеопто-ортоптическом лечении амблиопии и устранении функциональной скотомы у детей.

Материал и методы. Обследовано и пролечено 75 пациентов в возрасте от 3 до 9 лет с анизометропической амблиопией у 33 детей и 42 – с дисбинокулярной амблиопией, у 35 была функциональная скотома. Всем детям проведено общепринятое офтальмологическое обследование, из дополнительных применяли оптическую когерентную томографию, электрофизиологические исследования с регистрацией фотопического негативного ответа.

Впервые применено терагерцевое излучение на частоте молекулярного спектра излучения и поглощения атмосферного кислорода 129,0 ГГц при мощности 100 мкВт в режиме непрерывной генерации на БАТ VB1, TR23 при амблиопии и в режиме амплитудно-модулированной генерации на БАТ VB1, E2 и TR23 при функциональной скотоме.

Результаты. Достоверно повысилась острота зрения при амблиопии слабой и средней степени через 5 дней и при амблиопии высокой степени через 6 мес. после терагерцевой терапии. Функцио-

нальная скотома была устранена у 30 пациентов, у 5 детей – после повторной терагерцевой терапии, которую провели через 2 недели. В результате устранения функциональной скотомы у 21 пациента развилось одновременное зрение, у 14 – монокулярное попеременное.

Электрофизиологические исследования с регистрацией фотопического негативного ответа подтвердили отсутствие угнетения сетчатки после терагерцевого излучения.

Выводы. 1. Ортоптическое лечение с использованием терагерцевой терапии позволяет достоверно повысить остроту зрения и устранить функциональную скотому. 2. В качестве компонента комплексного лечения амблиопии эффективным режимом терагерцевого воздействия является облучение в непрерывном режиме генерации, а в устранении функциональной скотомы – воздействие в режиме амплитудно-модулированной генерации. 3. Терагерцевая терапия, при которой осуществляется воздействие миллиметровыми волнами, – весьма перспективный и безопасный метод лечения амблиопии и устранения функциональной скотомы.

Ключевые слова: терагерцевые волны, атмосферный кислород, амблиопия, функциональная скотома. ■

Авторы не имеют финансовых или имущественных интересов в упомянутых материале и методах.

Офтальмохирургия. – 2017. – № 3. – С. 61–65.

ABSTRACT

Terahertz radiation in complex pleopto-orthoptic treatment of amblyopia and elimination of functional scotoma

K.U. Eremenko¹, N.N. Aleksandrova², V.F. Kirichuk³

¹ The V.I. Rasumovsky Saratov State Medical University, the Chair of Eye Diseases, Saratov;

² The V.I. Rasumovsky Saratov State Medical University, the I.A. Chuevsky Chair of Normal Physiology, Saratov

Purpose. To estimate the efficiency of the terahertz radiation in the frequency of the molecular spectrum of radiation and absorption of atmospheric oxygen of 129.0GHz in a complex pleopto-orthoptic treatment of amblyopia and elimination of functional scotoma in children.

Material and methods. In the study 75 patients (aged from 3 to 9 years) were examined and treated: 33 children with anisometropia and 42 with dis-binocular amblyopia, 35 children with a functional scotoma were surveyed and treated. All children underwent the standard ophthalmic examination, additionally there were used: optical coherent tomography,

electrophysiological investigations with the registration of photopic negative response.

For the first time we applied the terahertz radiation in the frequency of the molecular spectrum of radiation and absorption of atmospheric oxygen of 129.0 GHz at the power of 100mV in the mode of the continuous oscillation of biological active points (BAP) – VB1, TR23 in children with amblyopia and in the mode of amplitude-modulated oscillation of biological active points (BAP) – VB1, E2 and TR23 in patients with functional scotoma.

Results. The visual acuity in patients with amblyopia of mild and moderate degree significantly increased 5 days after the terahertz therapy and in cases of high amblyopia – 6 months later. The functional scotoma was eliminated in 30 patients. In 5 children it was removed after a repeated terahertz therapy which was carried out after 2 weeks. As a result of the elimination of functional scotoma the simultaneous vision was developed in 21 patients, the alternating monocular vision – in 14 children.

Electrophysiological investigations with a registration of photopic negative responses confirmed an absence of depression of the retina after the terahertz radiation.

Conclusions. The current study showed: 1) pleopto-orthoptic treatment with the use of terahertz therapy allows to increase

significantly the visual acuity and to eliminate the functional scotoma; 2) the continuous mode of oscillation of terahertz influence is an effective mode of radiation as a component of the complex treatment of amblyopia, and the mode of amplitude-modulated oscillation – in the elimination of functional scotoma; 3) the terahertz therapy with millimeter waves is a very perspective and safe method of the treatment of amblyopia and the elimination of functional scotoma.

Key words: THz waves, atmospheric oxygen, amblyopia, functional scotoma. ■

No author has a financial or proprietary interest in any material or method mentioned

Fyodorov Journal of Ophthalmic Surgery.– 2017.– No. 3.– P. 61–65.

АКТУАЛЬНОСТЬ

В структуре детской глазной патологии косоглазие встречается в 1,5-2,5% случаев и занимает второе место после аномалий рефракции [11]. Основной зрительный дефект косоглазия – отсутствие бинокулярного зрения с утратой фузии и основное осложнение – амблиопия.

Лечение амблиопии в амбулаторных условиях, как правило, длительное и часто не достигает должного эффекта в связи с нерегулярным посещением кабинета охраны зрения детей (КОЗД) в силу занятости родителей.

При правильном положении глаз в послеоперационном периоде с целью препятствия диплопии при двух открытых глазах в поле зрения одного глаза возникает функциональная скотома (или скотома подавления).

Аномальное бинокулярное зрение с феноменом подавления встречается в 68,3% случаев. Наличие функциональной скотомы затрудняет выработку бинокулярного зрения. Стойкая функциональная скотома требует предварительного лечения до появления одновременно-

го или монокулярного попеременного зрения [1].

Общепринятым является положение о необходимости проведения активного лечения косоглазия и амблиопии у детей дошкольного возраста, чтобы обеспечить в максимально короткие сроки получение наиболее высокого функционального результата. Кроме того, восстановление бинокулярного зрения и полноценной остроты зрения к моменту поступления ребенка в школу является одним из главных условий, гарантирующих нормальную зрительную работоспособность школьника, дальнейшее правильное развитие его зрительного анализатора.

Таким образом, проблема лечения и реабилитации детей с амблиопией и с функциональной скотомой при косоглазии остается актуальной.

Разработка новых высокоэффективных методов терапии амблиопии и устранения функциональной скотомы является важнейшей медико-социальной проблемой.

По древнекитайским канонам имеется взаимосвязь определенного органа и точками акупунктуры [2, 8, 13]. Мы предлагаем воздействовать на биологически активные точки (БАТ) терагерцевым излучением, которое располагается на шкале электромагнитных волн между крайне высокой частотой и оптическим инфракрасным диапазоном, который интересен тем, что в нем находятся молекулярные спектры излучения и поглощения различных клеточных метаболитов: оксида азота, активных форм кислорода и др. [4].

В последние годы воздействие низкоинтенсивным электромагнитным излучением миллиметрового диапазона, включающее часть терагерцевого диапазона по БАТ, широко применяется в лечении различных заболеваний [3, 9, 10, 14, 15, 16], в том числе и офтальмологических [5, 6, 7, 12].

ЦЕЛЬ

Оценить эффективность терагерцевого излучения на частоте молекулярного спектра излучения и поглощения атмосферного кислорода 129,0 ГГц в комплексном плепто-ортоптическом лечении амблиопии и устранении функциональной скотомы.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Пролечено 75 пациентов, из них у 33 в возрасте 3 года 7 мес. – 9 лет диагностирована анизометропическая амблиопия (44%) и у 42 детей в возрасте 3,5-6 лет – дисбинокулярная амблиопия (56%). У 32 пациентов было косоглазие. Всем детям проведено общепринятое офтальмологическое обследование: визометрия с коррекцией, авторефрактометрия, биомикроскопия переднего отрезка, офтальмоскопия, характер зрительной фиксации, определение характера зрения по цветотесту, исследование слияния, наличие и размеров функциональной скотомы. Из дополнительных современных ме-

Для корреспонденции:

Еременко Ксения Юрьевна, ассистент кафедры глазных болезней ГБОУ ВПО «Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского» Минздрава России E-mail: diks2@rambler.ru

тодов применяли оптическую когерентную томографию (ОКТ) (3D OCT-1000, Япония), электрофизиологические исследования с регистрацией фотопического негативного ответа (ФНО), дающего информацию о состоянии ганглиозного слоя сетчатки (ROLAND CONSULT, Германия).

Нами впервые в комплексном лечении амблиопии у детей применено терагерцевое облучение кожи двух БАТ VB1, TR23 на частоте молекулярного спектра излучения и поглощения атмосферного кислорода 129,0 ГГц при мощности 100 мкВт в режиме непрерывной генерации (патент на изобретение № 2582015 «Способ лечения амблиопии у детей»). Для устранения функциональной скотомы у детей воздействовали на три БАТ VB1, E2 и TR23 излучением терагерцевого диапазона на частоте молекулярного спектра излучения и поглощения атмосферного кислорода 129,0 ГГц при мощности 100 мкВт в режиме амплитудно-модулированной генерации (патента на изобретение № 2601380 «Способ лечения функциональной скотомы у детей»). Следует отметить, что исследования по изучению влияния терагерцевого излучения на остроту зрения при амблиопии и на функциональную скотому ранее не проводилось. Поэтому лечение проводили с письменного согласия родителей и в их присутствии. Сеансы проводили с помощью переносного медицинского аппарата терагерцевой терапии «Орбита». Облучение при амблиопии осуществляли поочередно по 3 минуты на две БАТ (суммарно 6 минут) в течение 3 дней. При функциональной скотоме поочередно воздействовали справа и слева по 2 минуты на три БАТ (суммарно 12 минут) ежедневно в течение 3 дней.

Во время и после лечения никто из родителей не предъявлял жалоб на ухудшение общего состояния ребенка, дети не жаловались на какой-либо дискомфорт в местах БАТ.

Статистическая обработка полученных результатов проводилась при помощи стандартного пакета компьютерных программ Microsoft Excel, данные были представлены в виде $M \pm m$. Значимость различий средних проверяли при помощи те-

ста Стьюдента. Значимыми считались различия при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

У всех детей оптический аппарат и глазное дно были в норме. По данным ОКТ выявлено, что толщина макулярной области сетчатки при амблиопии средней и высокой степени превышает показатели парного глаза, однако эта разница статистически недостоверна.

У всех детей была гиперметропическая рефракция от 0,5 до 4,0 диоптрий (дптр).

У 33 детей выявлена гиперметропическая анизометропия, которая сопровождалась снижением остроты зрения. Степень гиперметропии при анизометропии на лучших глазах была от 0,5 до 4,0 дптр и на худших глазах – от 3,0 до 6,5 дптр; степень анизометропии колебалась от 0,75 до 4,5 дптр.

Анизометропическая амблиопия слабой степени выявлена у 9 пациентов (острота зрения вдаль 0,41±0,06), средней степени – у 20 детей (острота зрения вдаль 0,23±0,08), у 4 – высокой степени (острота зрения вдаль 0,15±0,05).

Дисбинокулярная амблиопия слабой степени выявлена у 13 детей (острота зрения вдаль 0,42±0,08), средней степени – у 25 пациентов (острота зрения вдаль 0,25±0,09), высокой степени – у 4 детей (острота зрения вдаль 0,15±0,04). Всем детям с амблиопией ранее 2-3 раза в год проводили плеоптическое лечение в течение 2-5 лет в КОЗД и в детских специализированных садах: окклюзия ведущего глаза, курсы аппаратного лечения, домашние тренировки.

У 67 детей монокулярная зрительная фиксация амблиопичных глаз была центральной, у 8 – с амблиопией высокой степени – парамакулярной.

К ранее проводимому комплексному плеопто-ортоптическому лечению мы добавили терагерцевую терапию (ТГТ) излучением на частоте молекулярного спектра излучения и поглощения атмосферного кислорода 129,0 ГГц по БАТ.

При анизометропии при амблиопии слабой степени острота зрения

достоверно повысилась после лечения ТГТ через 5 дней с 0,41±0,06 до 0,59±0,05, а при амблиопии средней степени – с 0,23±0,08 до 0,47±0,07 ($p < 0,05$). При амблиопии высокой степени у четверых детей фиксация из парамакулярной перешла в фoveолярную, что способствовало повышению остроты зрения с 0,15±0,05 до 0,22±0,08 ($p > 0,05$). В результате лечения уже через 3 мес. 11 чел. (55%) из группы амблиопии средней перешли в группу с амблиопии слабой степени. Повторные сеансы ТГТ проведены 9-ти пациентам через 3 мес. В итоге через 6 мес. у всех пациентов с амблиопией средней степени острота зрения составила 0,69±0,1 ($p < 0,01$).

При анизометропической амблиопии высокой степени ТГТ-терапию проводили каждые 2 мес., и только после 3-4 сеансов через 6 мес. отмечено достоверное повышение остроты зрения с 0,15±0,05 до 0,46±0,1 ($p < 0,05$).

Динамика остроты зрения амблиопичного глаза при анизометропии до и после ТГТ на частоте молекулярного спектра излучения и поглощения атмосферного кислорода 129,0 ГГц при мощности 100 мкВт в режиме непрерывной генерации представлена в *табл. 1*.

Как видно из *табл. 1*, при диспансерном наблюдении в течение 6 мес. острота зрения продолжала достоверно повышаться.

Аналогичная тенденция повышения остроты зрения отмечена при дисбинокулярной амблиопии. Через 3 мес. 16 чел. (64%) из группы амблиопии средней перешли в группу с амблиопии слабой степени. После повторных сеансов ТГТ-терапии через 6 мес. у всех пациентов с амблиопией средней степени острота зрения составила 0,69±0,08 ($p < 0,01$).

После 3 сеансов ТГТ-терапии через 6 мес. отмечено достоверное повышение остроты зрения при дисбинокулярной амблиопии высокой степени с 0,15±0,04 до 0,46±0,1 ($p < 0,05$).

Динамика остроты зрения при дисбинокулярной амблиопии до и после терагерцевой терапии на частоте молекулярного спектра излучения и поглощения атмосферного кислорода 129,0 ГГц при мощности 100 мкВт в режиме непрерывной генерации представлена в *табл. 2*.

Таблица 1

Динамика остроты зрения амблиопичного глаза при анизометропии после терагерцевой терапии (M±m)

Table 1

Dynamics of visual acuity of the amlyopic eye in case of anisometropia after terahertz therapy (M±m)

Сроки (Time) Амблиопия (Amblyopia)	До лечения Before treatment	После лечения (After treatment)		
		через 5 дней 5 days later	через 3 мес. 3 months later	через 6 мес. 6 months later
слабой степени, n=9 mild degree, n=9	0,41±0,06	0,59±0,05*	0,70±0,06**	0,80±0,1**
средней степени, n=20 moderate degree, n=20	0,23±0,08	0,47±0,07*	0,58±0,08**	0,69±0,1**
высокой степени, n=4 high degree, n=4	0,15±0,05	0,22±0,08	0,3±0,07	0,46±0,1*

Примечание: данные достоверны по сравнению с исходными данными: * p<0,05, ** p<0,01.

Note: the data is significantly reliable compared with initial one * p<0.05, ** p<0.01.

Таблица 2

Динамика остроты зрения при дисбинокулярной амблиопии после терагерцевой терапии (M±m)

Table 2

Dynamics of visual acuity in case of dis-binocular amblyopia after terahertz therapy

Сроки (Time) Амблиопия (Amblyopia)	До лечения Before treatment	После лечения (After treatment)		
		через 5 дней 5 days later	через 3 мес. 3 months later	через 6 мес. 6 months later
слабой степени, n=13 mild degree, n=13	0,42±0,08	0,63±0,06*	0,71±0,06**	0,83±0,1**
средней степени, n=25 moderate degree, n=25	0,25±0,08	0,50±0,08*	0,59±0,07**	0,69±0,08**
высокой степени, n=4 high degree, n=4	0,15±0,04	0,24±0,07	0,31±0,09	0,46±0,09*

Примечание: данные достоверны по сравнению с исходными данными: * p<0,05, ** p<0,01.

Note: the data is significantly reliable compared with initial one * p<0.05, ** p<0.01.

В результате комплексного лечения амблиопии с применением ТГТ удельный вес амблиопии средней степени уменьшился на 60% через 3 мес. Через 6 мес. группу с амблиопией средней степени составили дети, обратившиеся с амблиопией высокой степени.

ОБСУЖДЕНИЕ

Повышение остроты зрения амблиопичного глаза позволило 43 детям с ортофорией приступить к ортоптическому лечению, так как у них отсутствовало бинокулярное зрение. У 28 пациентов отмечено одновременное зрение, у 15 – монокулярное. 32 детям после хирургиче-

ского исправления косоглазия также провели ортоптическое лечение, так как у всех отмечено одновременное зрение. У 25 пациентов была ортофория после операции, у 7 больных сохранялся угол косоглазия 3°-5° (по данным синоптофора).

Проведение ортоптического лечения затруднялось наличием функциональной скотомы, диагностированной при первичном обследовании, у 15 детей – с ортофорией и у 20 – после хирургического исправления косоглазия. Величина функциональной скотомы у 30 пациентов была 3°x3°, у 5 пациентов – 19°x19°. Наличие функциональной скотомы даже после неоднократного воздействия излучением терагерцевой диапозона на БАТ по-

зволило нам сделать вывод, что ТГТ в режиме непрерывной генерации не влияет на состояние функциональной скотомы. Мы применили излучение терагерцевого диапазона на частоте молекулярного спектра излучения и поглощения атмосферного кислорода 129,0 ГГц при мощности 100 мкВт в режиме амплитудно-модулированной генерации. Нами выявлен положительный эффект при терагерцевом облучении кожи трех биологически активных точек приложения VB1, E2 и TR23 [2]. Облучение осуществляли поочередно в течение 2 минут на каждую БАТ правого и левого глаз (суммарно 12 минут за сеанс) ежедневно без перерыва на выходные дни. На следующий день после ле-

чения исследовали наличие функциональной скотомы. Ежедневные обследования после терагерцевого воздействия позволили выяснить, что функциональная скотома была устранена у 30 пациентов, уменьшилась до $1^\circ \times 1^\circ$ – у 3 и до $4^\circ \times 4^\circ$ – у 2 пациентов через 3 дня после примененного нами лечения [1]. Оставшийся после операции угол косоглазия у 7 детей и уменьшившаяся функциональная скотома у 5 детей исчезли после повторной терагерцевой терапии, которую провели через 2 недели. В результате устранения функциональной скотомы из 35 пациентов у 21 развилось одноуровневое зрение, у 14 – монокулярное попеременное.

Ни в одном случае не отмечено отрицательной динамики и побочных эффектов при сроке наблюдения 8-10 мес.

ФНО удалось зарегистрировать у 42 пациентов. Амплитуда волны С до лечения составила $138,48 \pm 14,18 \mu\text{V}$. У 29 детей амплитуда после ТГТ-терапии увеличилась до $163,54 \pm 10,50 \mu\text{V}$ ($p > 0,05$). Лабильность волны С после ТГТ терапии снизилась с $77,58 \pm 54,57$ до $71,65 \pm 4,63 \text{ ms}$ ($p > 0,05$). У остальных 14 пациентов показатели амплитуды и лабильности волны С оставались прежними.

Электрофизиологические исследования с регистрацией ФНО подтверждают отсутствие угнетения сетчатки от воздействия ТГТ.

ВЫВОДЫ

1. Ортоптическое лечение с использованием терагерцевой терапии позволяет достоверно повысить остроту зрения и устранить функциональную скотому.

2. В качестве компонента комплексного лечения амблиопии эффективным режимом терагерцевого воздействия является облучение в непрерывном режиме генерации, а в устранении функциональной скотомы – воздействие в режиме амплитудно-модулированной генерации.

3. Терагерцевая терапия, при которой осуществляется воздействие миллиметровыми волнами, – весьма перспективный и безопасный метод лечения амблиопии и устранения функциональной скотомы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аветисов Э.С. Содружественное косоглазие. – М.: Медицина, 1977. – 312 с.
2. Балчугов В.А., Полякова А.Г., Анисимов С.И. и др. КВЧ-терапия низкоинтенсивным шумовым излучением. – Н.-Новгород: Изд-во Нижегородского государственного университета, 2002. – 192 с.
3. Бецкий О.В., Козьмин А.С., Яременко Ю.Г. Возможные применения терагерцевых волн // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2008. – № 3. – С. 48-54.
4. Бецкий О.В., Креницкий А.П., Майбородин А.В. Биофизические эффекты волн терагерцевого диапазона и перспективы развития новых направлений в биомедицинской технологии: «Терагерцевая терапия» и «Терагерцевая диагностика» // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. – 2003. – № 12. – С. 3-6.
5. Еременко К.Ю., Киричук В.Ф., Федорищева Л.Е. Влияние терагерцевого электромагнитного

излучения на состояние сердечно-сосудистой системы и орбитальных сосудов при возрастной макулярной дегенерации // Офтальмология. – 2014. – Т. 11, № 2. – С. 64-69.

6. Еременко К.Ю., Федорищева Л.Е., Киричук В.Ф. и др. Реакция сердечно-сосудистой системы и орбитальных сосудов у пациентов с первичной открытоугольной глаукомой при терагерцевом воздействии // Всероссийская школа офтальмолога, 13-я: Сб. науч. тр. – М., 2014. – С. 40-45.

7. Еременко К.Ю., Федорищева Л.Е., Киричук В.Ф., Александрова Н.Н. Динамика остроты зрения у пациентов с возрастной макулярной дегенерацией как отражение эффективности терагерцевой терапии // Катарактальная и рефракционная хирургия. – 2015. – Т. 15, № 3. – С. 45-49.

8. Качан А.Т., Богданов Н.Н., Варнаков П.Х., Годованик О.О. и др. Анатомио-топографическое расположение корпоральных точек акупунктуры и показания к их применению. – Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1990. – 144 с.

9. Киричук В.Ф., Головачева Т.В., Чиж А.Г. КВЧ-терапия. – Саратов: Изд-во СарГМУ, 1999. – 338 с.

10. Киричук В.Ф., Иванов А.Н., Цымбал А.А. и др. Применения терагерцевой терапии в клинической практике / Под ред. В.Ф. Киричука, А.П. Креницкого. – Саратов, 2011. – 135 с.

11. Маглакелидзе Н.М., Корнюшина Т.А., Кашенко Т.П. и др. Состояние бинокулярных функций, аккомодационной способности глаз и их взаимодействие при различных видах содружественного косоглазия // VI Российский общенациональный офтальмологический форум, 6-й: Сб. науч. ст. – М., 2013. – Т. 1. – С. 247-250.

12. Федорищева Л.Е., Киричук В.Ф., Александрова Н.Н. и др. Новое направление в физиотерапевтическом лечении офтальмологических больных // Новые технологии в офтальмологии: Всероссийская науч.-практ. конф. Материалы. – Казань, 2015. – С. 131-133.

13. Bachman G. Leitfaden der Akupunktur, die Akupunktur, eine altchinesische Heilweise und ihre klinisch – experimentelle Bestätigung. – Ulm-Donau: Haug, 1961. – 203 s.

14. Hosako I, Fukunaga K. Terahertz technology research at NICT from the source to industrial applications // Journal of Infrared, Millimeter and Terahertz Waves. – 2011. – № 5. – P. 722-731.

15. Marino C., Galloni P. Microwaves: Exposure and Potential Health Consequences // Encyclopedia of Environmental Health. – 2011. – Vol. 1. – P. 765-773.

16. Otsuji T, Watanabe T, Moutaouakil A. Emission of terahertz radiation from two-dimensional electron systems in semiconductor nano- and hetero-structures // Journal of Infrared, Millimeter and Terahertz Waves. – 2011. – № 5. – P. 629-645.

Поступила 21.11.2016