

## Биостимуляция светом: ошибки и заблуждения

*А.В.Будаговский, д.т.н., зав. научно-исследовательской проблемной лабораторией «Биофотоника», Мичуринский ГАУ,*

*О.Н.Будаговская, д.т.н., вед. научн. сотрудник ФГБНУ «ФНЦ имени И.В.Мичурина»*



Взлёты научной мысли сменяются периодами застоя и упадка. Открытия чередуются с заблуждениями и трагическими ошибками. Поэтому важно анализировать не только успехи, но и неудачи, которые могут существенно влиять на развитие науки и общества. Так,

например, в тридцатые годы прошлого века большие надежды возлагали на сверхёмкие аккумуляторы, способные обеспечивать энергией даже электровозы. Теоретической базой служила идея А.Ф.Иоффе о тонкослойной изоляции, которая оказалась ошибочной вследствие некорректно поставленных экспериментов [1]. Значительные силы и средства на исследования были потрачены впустую. Таких примеров в науке много, но мы ограничимся областью биофотоники.

**История вопроса.** Свет играет важную роль в жизнедеятельности большинства обитающих на Земле видов: от бактерий до человека. Одним из первых «административных работников», обратившим внимание на благотворное влияние света, стал *Аменхотеп IV (Эхнатон)* [2,3], провозгласивший Атона (Солнце) верховным божеством. Отправление культа стало происходить не в полумраке храмов, а в помещениях без перекрытий, на свету. Это обеспечивало прямой контакт с божеством – Солнцем. Фараон-реформатор царствовал 17 лет и, по одной из версий, был отравлен жрецами – сторонниками политеистической религии. Потребовалась тысяча лет, чтобы вновь проявился

интерес к фотобиологическому действию света.

Основоположник научной медицины, древнегреческий врач *Гиппократ* практиковал солнечные ванны для профилактики и лечения ряда болезней. В этот период в Древней Греции и древнем Риме стали популярны солярии на крышах домов. Светолечение широко применял и римский врач *Клавдий Гален (рис.1)*. Он обратил внимание на более быстрое заживление ран, вероятно связанное с антисептическим действием солнечных лучей.

В конце 19 века научную основу светолечения успешно разрабатывал датский врач *Нильс Рюберг Фунзен*, за что в 1903г. получил Нобелевскую премию. В ряде случаев он использовал именно красный свет, который получал оригинальным способом – завешивая окна в палатах плотными красными шторами [4]. В двадцатом веке светолечение стало популярным во



### В номере:

- **Биостимуляция светом: ошибки и заблуждения** *А.В.Будаговский, О.Н.Будаговская*
- **Лазерная безопасность. Решение есть! Новый стандарт. Передовые концепции**  
*А.В.Толкачева, О.А.Крючина, И.Э.Садовников*
- **Памяти А.В.Иванова**
- **ИНТЕРНЕТ-НОВОСТИ. Объявление**

многих странах. Его применяли при различных заболеваниях [5], и не только человека (рис.2).

В шестидесятые годы 19 века, впервые в мировой практике российские учёные *Андрей Сергеевич Фаминцын* и *Иван Парфеньевич Бородин* (рис.3) применили искусственный свет для выращивания растений. Они показали, что физиологические процессы протекают таким же образом, как и при действии солнечных лучей. Это открытие послужило началом нового научного направления – светокультуры растений [6], которое стало успешно развиваться в нашей стране и за рубежом.

Исследования *К.А. Тимирязевым* процесса фотосинтеза, определение его зависимости от интенсивности и спектрального состава света, открытие эффекта светового насыщения внесли большой вклад в становлении фотобиологии.

В первой половине 20 века фотобиология сформировалась как самостоятельное научное направление. Были описаны спектры действия биосинтетических и биорегуляторных процессов различных организмов, изучены пути трансформации световой энергии в клетке, открыты фотосенсорные белки, способные реагировать на оптическое излучение различных спектральных диапазонов. В пятидесятые годы прошлого века *Х.Бортвик* и *С.Хендрикс* обнаружили у растений светочувствительный белок [7]. Он получил название фитохром. Позже было установлено, что существует 5 типов фитохрома (А, В, С, D, Е) с разными биологическими функциями. Наибольший интерес представляет фитохром-В (phyB) – рецептор фотоморфогенеза. Этот хромопротеид находится в клетках в двух изомерных формах, которые способны обратимо изменять свою конформацию (пространственную организацию молекулы) при воздействии красного или дальнего красного света:

phy<sub>660</sub>  $\xrightleftharpoons[\lambda=730]{\lambda=660}$  phy<sub>730</sub>. Установлено, что phyB влияет на многие обменные процессы: нуклеотидный, белковый, липидный, углеводный, энергетический [8,9]. Формой, стимулирующей физиологическую активность растений, является phy<sub>730</sub>. Его высокая концентрация поддерживается излучением в спектральном интервале 600-690 нм. Действие дальнего красного света (700-780 нм) смещает равновесие в



Рис.1 Слева направо: Аменхотеп IV, 14 в. до н.э., Египет;  
Гиппократ, 5-4 в. до н.э., Греция;  
Клавдий Гален, 2-3 в. н.э., Рим (из открытых источников).

пользу phy<sub>660</sub>, что приводит к торможению клеточного метаболизма. Таким образом, свет контролирует важнейшие функции клетки, вплоть до экспрессии генов. Эволюционно такой механизм возник в связи с изменением спектрального состава солнечной радиации на поверхности Земли в течение суток. Повышение в утренние часы доли красных лучей смещает равновесие фитохромов в сторону формы phy<sub>730</sub>, что позволяет растительным организмам подготовиться к высокой освещённости и активной жизнедеятельности в дневное время.

Кроме фитохромов были обнаружены и другие хромопротеиды, включённые в цепи фоторегуляторных реакций: криптохромы, фототропины (320-500 нм), белок UVR8 (290-320 нм) и др.

**Начало лазерной эры.** Мощным стимулом развития фотобиологии явилось создание лазеров. В шестидесятые годы прошлого века было установлено, что кратковременное воздействие низкоинтенсивного лазерного излучения способно повышать функциональную активность различных организмов: от бактерий до человека [10-12]. Это могло проявляться в различных биологических реакциях: репарации, регенерации, репродукции, пролиферации, иммунитета и т.п. Явление получило название лазерной стимуляции и его начали применять в биологии, медицине и сельском хозяйстве [10,11,13]. Однако практические результаты не всегда оправдывали ожидания, являлись мало предсказуемыми, а механизм действия лазерного излучения не находил должного обоснования и вызывал сомнения. Для объяснения феномена выдвигались различные, порой и парадоксальные гипотезы.

**Популярные, но ошибочные гипотезы.** В феномене лазерной стимуляции самым загадочным была его универсальность. Одни и те же режимы облучения могли существенно влиять на физиологические процессы практически у любых исследуемых организмов: животных, растений, грибов и бактерий. В прошлом веке наиболее популярным объяснением этого служила магическая формула, ссылающаяся на уникальные свойства лазерного излучения: когерентность, монохроматичность, спектральную яркость, высокую интенсивность и низкую расходимость светового пучка. Количественные оценки и физический смысл указанных параметров, как правило, оставались за пределом внимания исследователей, что приводило к ошибочным выводам. В качестве примера можно рассмотреть несколько гипотез механизма стимулирующего действия лазерного излучения.

Самая устойчивая, упоминаемая с семидесятых годов прошлого века и до настоящего времени, связана с представлениями о мутагенном действии низкоинтенсивного лазерного излучения (НИЛИ) [14,15]. Основанием такой точки



**Рис.2** Лечение поросёнка светом в амбулатории для животных в пригороде Лондона, 1938г. (из открытых источников).

зрения послужило сохранение фотоиндуцированного эффекта в течение нескольких (экспериментально зарегистрировано до 9) поколений. Кроме этого, наблюдали и другие проявления, характерные для мутагенеза: изменение количественных и качественных признаков, их передача потомству при вегетативном (бесполом) или генеративном (половом) размножении растений, образование хромосомных aberrаций и т.д. [16-18]. Такие результаты получали на различных видах и сортах растений, и это посчитали достаточным, чтобы с уверенностью говорить об изменении наследственности, индуцированном НИЛИ, т.е. лазерном мутагенезе. Однако исследователи не приняли во внимание два важных аспекта этой проблемы (более детально рассмотрено в [19]):

1. В экспериментах использовали лазерное излучение видимой области спектра (442-633 нм), но в этом диапазоне не поглощают молекулы ДНК или РНК и их возбуждение не может произойти. Энергия таких квантов не превосходит 3 эВ, что недостаточно для разрыва ковалентных связей в полинуклеотидных цепях. В различных работах приводится значение плотности мощности 0,2-30 Вт/м<sup>2</sup>, т.е. в несколько десятков и сотен раз меньше естественной освещённости. При такой освещённости ни тепловые, ни, тем более, двухфотонные процессы не существенны. Следовательно, действующий фактор не может привести к нарушению генетической программы клетки. Тем не менее, длительное запоминание стимуляционного эффекта надёжно зарегистрировано.

2. Данное противоречие может быть разрешено с позиций модификационной изменчивости, которая происходит не на генетическом, а эпигенетическом (фенотипическом) уровне. Механизм явления заключается в длительном сохранении и даже передаче в нескольких поколениях индуцированной экспрессии генов. В ряде случаев, например, у бактерий это может происходить по механизму двуоперонного триггера, т.е. когда активности блоков генов (оперонов) связана обратной связью [20]. При этом генетическая программа клетки остаётся неизменной.

Таким образом, представления о мутагенном действии НИЛИ являются ошибочными. Однако

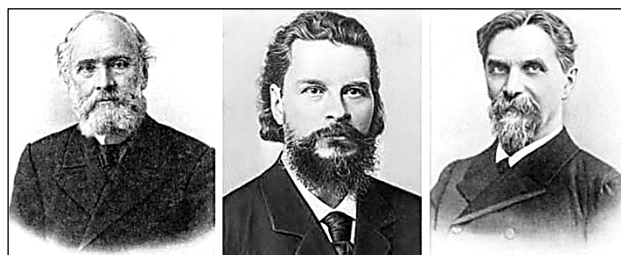
при существенно иных параметрах и условиях облучения можно добиться повреждения генетического аппарата организма [21], но это уже совсем иная история.

Другая гипотеза механизма лазерной стимуляции строилась на нефотосинтетическом запасании энергии света с участием дыхательной цепи клетки [22]. Основная роль отводилась митохондриям – энергетическим центрам ядерных клеток. Но у прокариот, например, бактерий митохондрий нет, а лазерная стимуляция есть.

Предполагали также «нерезонансный механизм биостимулирующего действия низкоинтенсивного лазерного излучения». По мнению авторов [23], стимуляционный эффект зависит от «...неоднородности температурного поля в биотканях вследствие неравномерного распределения поглощающих центров» [23, с.4]. Но как действует этот «нерезонансный механизм», до сих пор остаётся неясным.

Оригинальная гипотеза была предложена В.М.Инюшиным. Согласно его представлениям, акцептором лазерного излучения является биоплазма клетки: «Мы полагаем, что основным матриксом, резонирующим на воздействие монохроматическим когерентным излучением, является биоплазма» [24, с.43]. Жонглирование физическими терминами и объяснение неизвестного через непонятное нередко встречается в биологической литературе. В то же время практические исследования В.М.Инюшина имеют большое значение, т.к. они легли в основу отечественных лазерных агротехнологий.

Удивительно, но на фоторегуляторные процессы обратили внимание в последнюю очередь. Вскользь они упоминались в различных работах, но о прямой связи с эффектом лазерной стимуляции стали говорить сравнительно недавно. Во многом это явилось следствием инерции мышления. Ещё с начала прошлого века биологическое действие электромагнитных волн было принято описывать в координатах «Доза – Эффект», т.е. соотносить реакцию организма с количеством поглощённой энергии излучения. Применять такой подход корректно только в случае выполнения закона взаимозаместимости Бунзена–Роско [25], который предполагает, что интенсивность и длительность



**Рис.3** Слева направо: Андрей Сергеевич Фаминцын (1835-1918), Иван Парфеньевич Бородин (1847-1930), Климент Аркадьевич Тимирязев (1843-1920). (из открытых источников).

Табл.1 Недозовый характер ответной реакции пыльцы на лазерное облучение

Длительность облучения, мин	Интенсивность облучения, Вт/м <sup>2</sup>	Плотность дозы облучения, кДж/м <sup>2</sup>	Проращение пыльцы, %
4	8	1,9	45±2
8	4	1,9	34±2
16	2	1,9	22±3
8	1	0,5	37±5
8	5	2,5	34±2
8	10	5	34±3

воздействия вносят эквивалентный вклад в величину фотоиндуцированной реакции. Опыт показывает, что его можно использовать при описании радиационных (ионизирующая радиация) или фотосинтетических (видимый свет) процессов, но лишь в определённом диапазоне параметров.

В «лазерной» литературе часто ограничиваются указанием только дозы (Дж) или, в лучшем случае, плотности дозы (Дж/м<sup>2</sup>) облучения [26-28]. Однако воспроизводимость таких экспериментов бывает низкой, что неудивительно. Доза (плотность дозы) является произведением двух сомножителей: интенсивности и длительности облучения. Очевидно, что одно уравнение с двумя неизвестными не имеет решения, но его пытались найти весьма странным способом. При фиксированном значении дозы изменяли и длительность, и интенсивность облучения. Таким образом пытались определить оптимальные параметры лазерной стимуляции. В результате получился график нелинейной (с вы-

раженным максимумом) зависимости фотоиндуцированного эффекта от интенсивности красного света (633 нм) [29]. Но при этом, естественно, менялось и время облучения, т.е. оба компонента дозы: плотность мощности и длительность воздействия оказались переменными величинами. Некорректная методика эксперимента предопределила неоднозначность сделанного вывода: «...стимуляция синтеза ДНК является очень чувствительной ко времени облучения или интенсивности света при дозе 100 Дж/м<sup>2</sup>» [29, с.1773]. Аналогичный подход использовали и в других работах, например, в [30].

Вопрос о выполнении закона Бунзена–Роско имеет не только практическое значение. Он определяет, к какому классу процессов относится лазерная стимуляция: энергетическому или регуляторному. Для ответа на него мы провели серию экспериментов с различными растительными объектами: семенами, пыльцой, плодами и т.п. [31]. Во всех случаях имело место нарушение дозового закона. Одинаковый стимуляционный эффект наблюдали при одной и той же длительности облучения, но в четыре раза различающихся плотностях мощности, а соответственно, и дозах. В целом, ответная реакция облучаемых организмов имела нелинейный многомодальный характер (рис.4), что исключает возможность выполнения дозового закона.

Ещё более наглядный результат получен при облучении пыльцы вишни. В этом эксперименте использовали четырёхкратно изменяемую длительность облучения и десятикратно – плотность мощности (табл.1). Оказалось, что при одинаковых значениях плотности дозы стимуляционный эффект мог иметь двукратный разброс, а при десятикратном варьировании проращение пыльцы оставалось на одном уровне.

Невыполнение закона Бунзена–Роско свидетельствует о том, что инду-

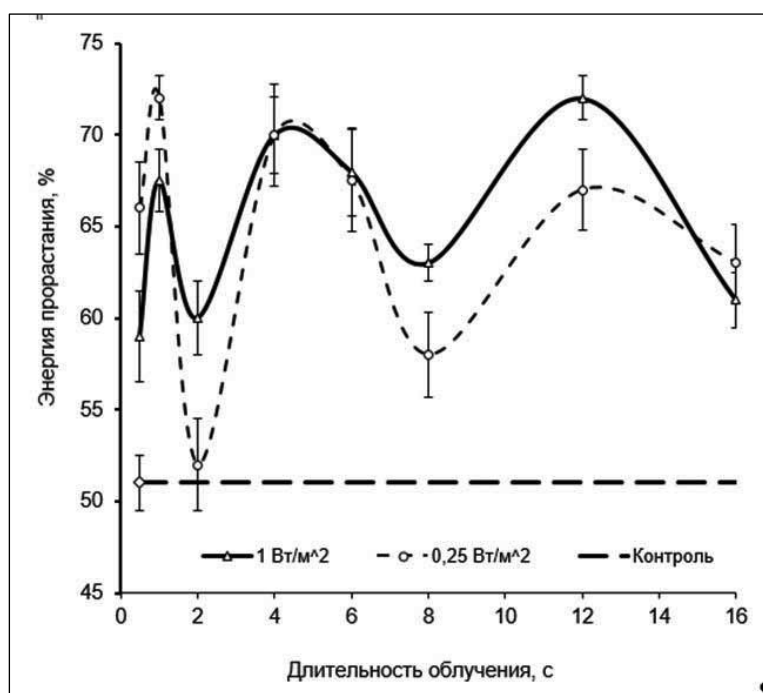


Рис.4. Зависимость энергии проращения ячменя от длительности лазерного облучения при различных плотностях мощности.



цированный НИЛИ стимуляционный эффект относится к классу регуляторных процессов. Учитывая длину волны генерации (632,8 нм), можно говорить, что он опосредован фитохромом Б. В настоящее время фоторегуляторный механизм лазерной стимуляции не вызывает сомнений. Отметим, что рассмотренные ранние гипотезы о природе этого феномена несмотря на ошибки и заблуждения сыграли положительную – стимулирующую – роль в его изучении.

### Литература

- [1]. <http://www.ihst.ru/projects/sohist/books/frenkel/105-116.pdf> А.Ф.Июффе и его идея тонкослойной изоляции.
- [2]. *Перепёлкин Ю.Я.* История Древнего Египта. – СПб.: Летний сад, 2000. – 560 с.
- [3]. *Морозова Ю.В.* Атон как главное божество религиозной реформы Эхнатона // Исторический опыт мировых цивилизаций и Россия. Материалы XI Международной научно-практической конференции, 2023. – С. 287-292.
- [4]. *Finsen N.R.* The red light treatment of smallpox // *British medical journal*. – 1895. – Т.2. – №.1823. – С.1412.
- [5]. *Ацюковский В.А.* Об одном забытом методе светолечения // Жуковский: Петит.–1996.–16 с.
- [6]. *Леман В.М.* Курс светокультуры растений. – М.: Высшая Школа, 1976. – 271 с.
- [7]. *Гэлстон А., Девис П., Сэттер Р.* Жизнь зеленого растения. – М.: Мир, 1983. – 549 с.
- [8]. *Конев С.В., Волотовский И.Д.* Фотобиология. – Минск: Изд-во БГУ, 1979. – 378 с.
- [9]. *Волотовский И.Д.* Фитохром-фоторегуляторный рецептор растений. – Минск: Изд-во «Наука и техника». – 1992. – 245 с.
- [10]. *Дрягина И.В.* Цитофизиологические особенности облучения пыльцы // Науч. докл. высшей школы. Биол. науки. –1966. – №2.
- [11]. *Goldman L. et al.* Biomedical aspects of the laser. –New York: Springer, 1967.
- [12]. *Инюшин В.М.* О некоторых причинах биологической эффективности монохроматического света лазера красной части спектра // В сб.: О биологическом действии монохроматического красного света. – Алма-Ата: Казахский Гос. ун-т., 1967.
- [13]. *Инюшин В.М., Ильясов Г.У., Федорова Н.Н.* Лазер–стимулятор развития сельскохозяйственных культур. – Алма-Ата: Кайнар, 1973. – 111 с.
- [14]. *Литвинова М.К.* Изучение мутагенного действия лазерного излучения на столовую свеклу // Проблемы фотоэнергетики растений. – Львов, 1978. – С. 175-180.
- [15]. *Ренгартен Г.А., Емелев С.А., Савиных Е.Ю., Черемисинов М.В.* Использование лазерного мутагенеза в селекции растений в России и за рубежом // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – №.5. – С. 55-61.
- [16]. *Володин В.Г., Мостовников В.А., Авраменко Б.И. и др.* Лазеры и наследственность растений. – М.: Наука и техника, 1984. –175 с.
- [17]. *Дудин Г.П.* Лазерные мутанты ячменя сорта «Луч» с укороченным вегетационным периодом // Биологические и агротехнические приемы повышения урожайности зерновых культур. – 1984. – С.101-108.
- [18]. *Unnikrishna Pillaj P.R.* Laser as mutagens // *J. Sci. and Ind. Res.* –1998. – V.57. – № 10–11. – P.658–663.
- [19]. *Будаговский А.В.* Обладает ли низкоинтенсивное лазерное излучение мутагенным действием? //Фотоника. – 2013. – №.2. – С.114-127.
- [20]. *Ратнер В.А.* Молекулярно-генетические системы управления. Новосибирск: Наука, 1975. – 287с.
- [21]. *Драган А.И.* Молекулярные механизмы повреждающего действия лазерного излучения на ДНК // Молекулярная биология. – 1994. – Т.28, вып.2. – С. 355–361.
- [22]. *Шахов А.А.* Фотоэнергетика растений и урожай. – М.: Наука, 1993.– 416 с.
- [23]. *Воронина О.Ю., Каплан М.А., Степанов В.А.* Нерезонансный механизм биостимулирующего действия низкоинтенсивного лазерного излучения // Препринт ФЭИ. – 1990. – Т.2094. – 26 с.
- [24]. *Инюшин В.М., Чекуров П.Р.* Биостимуляция лучом лазера и биоплазма -- Алма-Ата: Казахстан. – 1975. – 120 с.
- [25]. *Лансберг Г.С.* Оптика. – М.: Наука, 1976. – 928 с.
- [26]. *Кару Т.Й., Календо Г.С., Летохов В.С., Лобко В.В.* Зависимость биологического действия низкоинтенсивного видимого света на клетки HeLa от когерентности, дозы, длины волны и режима облучения // Квантовая электроника. – 1982. – Т.9. – №9. – С.1761-1767.
- [27]. *Владимиров Ю.А.* Лазерная терапия: настоящее и будущее // Соросовский образовательный журнал. – 1999. – Т.12. – №.49. – С. 2-8.
- [28]. *Москвин С.В.* Эффективность лазерной терапии. – 2003. –253 с.
- [29]. *Кару Т.Й., Календо Г.С., Летохов В.С., Лобко В.В.* Зависимость биологического действия низкоинтенсивного видимого света на клетки HELA от когерентности, дозы, длины волны и режима облучения, Часть 2. // Квантовая электроника. – 1983. – Т.10. – №9. – С.1771-1776.
- [30]. *Тифлова О.А., Кару Т.Й.* Действие излучения аргонового лазера и некогерентного синего света на бактерии *Escheria Coli* // Радиобиология. – 1986. – Т.26, Вып. 6. – С. 829-832.
- [31]. *Будаговский А.В.* Теория и практика лазерной обработки растений. Мичуринск – наукоград РФ, 2008. – 547с.

## Лазерная безопасность. Решение есть! Новый стандарт. Передовые концепции

*А.В.Толкачева, О.А.Крючина, И.Э.Садовников, ООО «НТО «ИРЭ-Полус», Фрязино*

*Памяти д.ф.-м.н., главного научного сотрудника Института физики им. Б.И.Степанова  
Национальной Академии наук Республики Беларусь. Лауреата Государственной премии*

*Георгия Ивановича Желтова посвящается.*



### Лазерная безопасность. Историческая справка

Нормативные документы по лазерной безопасности начали появляться более 50 лет назад. За эти годы были проведены научные исследования по воздействию лазерного излучения на биологические ткани, в том числе опыты на животных, с применением лазеров на длинах волн 0,53 мкм и 1,06 мкм, определены требования к устройству и безопасной эксплуатации лазерного оборудования, установлены предельно допустимые уровни (ПДУ) лазерного излучения на рабочих местах, введены классификации лазеров по степени опасности. Работы проводились параллельно в СССР и за рубежом. У нас основные исследования в этом направлении велись в Институте физики АН Белорусской ССР (в настоящее время Институт физики им. Б.И.Степанова НАН Республики Беларусь) под руководством *Г.И.Желтова* и под руководством *Ю.П.Пальцева* в Научно-исследовательском институте гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР (ныне Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф.Измерова»).

О взаимоотношении с зарубежными коллегами *Георгий Иванович Желтов* писал: «Из-за отсутствия обмена информацией в 70-х–90-х годах прошлого века сформировались две изолированные научные школы в сфере взаимодействия лазерного излучения с биообъекта-

ми: российская и американско-европейская. Хотя полученные результаты во многом близки, но в то же время есть целый ряд существенных отличий, обусловленных как методиками исследований, так и концепциями механизмов фотодеструктивного действия излучения на ткани» [1]. Это в итоге привело к появлению противоречий и разногласий в нормативной документации (НД) по лазерной безопасности.

Коррективы, вносившиеся в период 1973–2013гг. в стандарты ANSI и IEC, имели в основном чисто текстуальный характер. Объем документов вырос в несколько раз, но принципиальных изменений, реально повышающих безопасность персонала, практически не было. Научный фундамент стандартов IEC (включая, конечно, и ГОСТ IEC 60825-1 [2]), за очень небольшими исключениями, остался близким к 1970 году. Поэтому оказалось, что отечественная база, представленная Санитарными нормами и правилами устройства и эксплуатации лазеров №5804-91 (СН №5804-91) [3], по отношению к ANSI-Z136 [4] и позже к стандартам IEC занимает более выгодные позиции как нормативный документ 2-го поколения, в котором устранен целый ряд существенных недоработок его прототипов [1].

Обновлённые НД 2010-х годов не устранили давние противоречия, а по некоторым положениям только усугубили ситуацию. При обсуждении вопросов лазерной безопасности в лазерном сообществе особенно подробно рассматривались противоречия ГОСТов и СанПиНов по части классификации лазерного оборудования и ПДУ энергетических характеристик [5–12].

**Табл.1 Сравнение классов опасности в разных нормативных документах  
(по состоянию на 2020г.)**

СН №5804-91	ГОСТ Р 50723-94 (ГОСТ 31581-2012)	ГОСТ IEC 60825-1-2013 (ГОСТ Р МЭК 60825-1-2009)	СанПиН 2.2.4.2259-2016
Класс 1	Класс 1	Класс 1	Класс 1
		Класс 1М	Класс 1М
Класс 2	Класс 2	Класс 2	Класс 2
		Класс 2М	Класс 2М
Класс 3			
	Класс 3А		
	Класс 3В	Класс 3В	Класс 3В
		Класс 3R	Класс 3R
Класс 4	Класс 4	Класс 4	Класс 4

Например, выпуск ГОСТ IEC 60825-1 (в первой версии ГОСТ Р МЭК 60825-1-2009 [13]) добавил ещё одну классификацию лазерного оборудования по степени опасности к уже двум существующим из СН №5804-91 и из ГОСТ Р 50723-94 [14] (см. *табл. 1*). Обновление ГОСТ Р 50723-94 до ГОСТ 31581-2012 [15] ситуацию не изменило, а введение СанПиН 2.2.4.2259-2016 [16] добавило ещё одну версию классификации по IEC 60825-1 с новыми определениями классов опасности.

Более подробное рассмотрение противоречий производилось в статье *Крючиной О.А., Садовникова И.Э.* [5].

С выходом СанПиН 1.2.3685-21 [17] и отмены СанПиН 2.2.4.2259-2016 и СН №5804-91 вопросы классификации ушли на второй план, т.к. в новом СанПиН приведены исключительно ПДУ. Это означает, что все требования к разработке и эксплуатации лазерного оборудования остались только в ГОСТах [18].

Подробное изучение и анализ нюансов классификации лазерного оборудования и применение этих сведений в работе [5], а также плотное общение и сотрудничество с *Георгием Ивановичем Желтовым* привели к мнению, что большое количество и разнообразие классов опасности никак не влияют на безопасность персонала. Лазерное оборудование 1 класса во всех классификациях является безопасным для пользователя, а оборудование остальных классов потенциально опасно. Из письма *Г.И. Желтова*: «II класс опасности по международным нормам – близкое к безопасному облучение. Если вблизи луча вы подвигаете головой в пределах 10 см и получите в глазик дозу излучения, указанную во 2-й строчке таблицы\* (800 порогов!), от вашего глазика не останется даже пылинки» (\*имеется в виду таблица 4.1 из СН №5804-91).

Это послужило основой введения новой классификации в виде двух категорий, которая стала одним из передовых положений разработанного нового стандарта по лазерной безопасности.

### **ГОСТ Р 71028-2023. Ключевые концепции**

Итак, 1 марта 2024 года вступает в действие ГОСТ Р 71028-2023 «Оптика и фотоника. Оборудование на базе волоконных лазеров. Требования лазерной безопасности» [19] на основании Приказа Росстандарта № 1434-ст от 21.11.2023г.

Документ был разработан компанией ООО «НТО «ИРЭ-Полюс» в соответствии с Программой национальной стандартизации (ПНС) на 2023 год и успешно прошёл все процедуры и этапы обсуждения и согласования в ТК 296 «Оптика и фотоника».

ООО «НТО «ИРЭ-Полюс» выпускает технологическое оборудование на базе мощных воло-

конных лазеров киловаттного диапазона в виде порталных и роботизированных комплексов, а также ручных систем для осуществления таких технологических операций, как лазерная сварка, наплавка, очистка, термообработка, резка и др. Лазерные технологические процессы всегда сопровождаются повышенными уровнями энергетических характеристик отражённого и рассеянного излучений как лазерного, так и сопутствующего, которые в производственных условиях являются вредными и опасными факторами (по ГОСТ 12.0.003-2015 [19]).

Национальный стандарт создан на базе апробированного на предприятии стандарта организации – СТО «ИРЭ-Полюс». Он содержит актуальные требования к лазерной безопасности и рекомендации по вопросам обеспечения и контроля их выполнения с учётом последних достижений в этой области.

Одной из целей данного стандарта было устранение противоречий между стандартизированными ранее терминами и теми определениями, которые используются в современной практике работы предприятий лазерной отрасли. При разработке стандарта была проведена гармонизация с другими стандартами в области лазерной безопасности, а также с различными нормативными документами.

ГОСТ Р 71028-2023 распространяется на оборудование на базе волоконных лазеров, применяемое для обработки материалов в технологических целях на производственных объектах и площадках и не распространяется на оборудование, в состав которого входят лазеры 1-го класса опасности по ГОСТ IEC 60825-1 [2]. Все положения являются универсальными и справедливыми не только для оборудования на базе волоконных лазеров, но и для других технологических комплексов на базе твердотельных и газовых лазеров, используемых в промышленном производстве и других сферах.

Объектом стандартизации является лазерное оборудование на базе волоконных лазеров. Аспектом стандартизации являются требования к обеспечению лазерной безопасности при разработке и эксплуатации этого оборудования.

Стандарт устанавливает:

- требования лазерной безопасности при разработке и эксплуатации оборудования, в состав которого входят волоконные лазеры;
- классификацию этого оборудования по категориям опасности;
- порядок его ввода в эксплуатацию;
- требования к средствам коллективной защиты от лазерного излучения [20].

ГОСТ Р 71028-2023 устанавливает требования к организационным и техническим мероприятиям по снижению опасного воздействия лазерного излучения на персонал при эксплуатации лазерного оборудования с целью снижения



Рис.1 Классификация средств коллективной защиты.

воздействия до предельно допустимых уровней (ПДУ) (по СанПиН 1.2.3685-21 [17]).

Одним из новшеств стандарта является введение понятия «Средство коллективной защиты (СКЗ)», определение видов СКЗ (локальная защита, защитные ограждения, защитная кабина, защитный кабинет) (рис.1), постановка требований к ним [20,21].

Стандарт устанавливает, что класс опасности лазера (в соответствии с ГОСТ IEC 60825-1) не определяет опасности оборудования в целом. Потенциальные опасности воздействия лазерного излучения на персонал должна исключать конструкция оборудования и системы управления, а также установка дополнительных средств защиты.

Инновационным положением, которое упоминалось ранее, является классификация лазерного оборудования по категориям в зависимости от используемых средств защиты. Категорирование разработано с целью упрощения понимания степени опасности оборудования и необходимости предусматривать дополнительные средства защиты. Классификация в соответствии с ГОСТ IEC 60825-1 этой информации не несёт.

Категории дают однозначные решения для пользователя. Лазерное оборудование должно быть отнесено к одной из двух категорий опасности:

- к I категории относят оборудование, установленное в защитной кабине или имеющее локальное средство защиты. Средства защиты должны быть оснащены системой блокировок и конструк-

тивно связаны с оборудованием. Средства защиты устанавливает (поставляет) изготовитель. Конструкцией оборудования и системы управления должна быть исключена возможность нахождения персонала в опасной зоне.

- к II категории относят оборудование, для которого применение защитной кабины или локального средства защиты невозможно или нецелесообразно. При эксплуатации оборудования, отнесенного к II категории, необходимо использование средств защиты (СКЗ, СИЗ), принятие технических и организационных мер. Пользователь оборудования должен самостоятельно обеспечить защиту персонала от воздействия ЛИ [19,21]

Категорию присваивает изготовитель оборудования на стадии разработки. При этом в установленном стандартом правилах ввода в эксплуатацию для лазерного оборудования, отнесенного к II категории, необходимо предусмотреть проведение контроля энергетических параметров лазерного излучения на рабочих местах.

В приложении к стандарту приведена рекомендуемая форма акта о вводе в эксплуатацию лазерного оборудования, в который должны включаться сведения о категории оборудования, примененных мерах по обеспечению безопасности (в т.ч. предусмотренных конструкцией), а для лазерного оборудования II категории – протоколы измерений параметров лазерного излучения на рабочем месте.

Дополнительные требования к обеспечению безопасности могут быть предъявлены заказчи-



ком (пользователем), а также определены в зависимости от сферы применения оборудования в отраслях, в которых необходимо выполнение специфических требований.

При разработке стандарта основной акцент сделан на практическую сторону проблемы обеспечения лазерной безопасности и варианты её решения. Этим стандартом восполнен недостаток практических сведений по данному вопросу. Все рекомендации основаны на опыте работы специалистов ООО «НТО «ИРЭ-Полюс» по контролю и снижению уровней вредных и опасных факторов.

### Заключительные положения

Стандарт может представлять интерес для специалистов по охране труда, служб Роспотребнадзора, сотрудников организаций, ответственных за эксплуатацию лазерного оборудования, а также полезен для студентов и инженеров, деятельность которых направлена на техническое решение вопросов безопасной работы с лазерным технологическим оборудованием.

Ключевая задача настоящего стандарта – установить конкретные требования, выполнение которых позволит повысить производственную безопасность при эксплуатации лазерного оборудования и обеспечить защиту персонала от воздействия лазерного и сопутствующего излучения на рабочих местах.

Также остро стоит вопрос лазерной безопасности в медицине, но специфика применения медицинского лазерного оборудования намного сложнее, т.к. необходимо предусмотреть грамотную защиту как врача и обслуживающего персонала, так и пациента. Однако некоторые положения ГОСТ Р 71028-2023, например, требования к организационным и техническим мероприятиям, могут представлять интерес для использования в медицинских учреждениях.

В ближайшее время будет проходить апробация установленных в стандарте требований и накопление дополнительной информации об инновационных решениях, которые необходимы для разработки новых национальных стандартов РФ, в том числе и специализированного ГОСТа по лазерной безопасности в медицине. Безусловно, разработка подобного стандарта требует активного участия специалистов данной области, мы, со своей стороны, имея большой опыт в вопросах лазерной безопасности, готовы к сотрудничеству и совместной работе.

### Литература

[1]. *Г.И.Желтов* «Болезни» Европейских и отечественных нормативов по лазерной безопасности и их патогенез. // «Как это было...», Сборник воспоминаний создателей отечественной лазерной техники. Ч.5 – ЛАС, 2016г.  
[2]. ГОСТ ИЕС 60825-1-2013 «Безопасность лазерной аппаратуры. Часть 1. Классификация обо-

родования, требования и руководство для пользователей».

[3]. Санитарные нормы и правила устройства и эксплуатации лазеров №5804-91.

[4]. ANSI Z136.1-2014. «American National Standard for Safe Use of Lasers» (неофициальный перевод).

[5]. *Крючина О.А., Садовников И.Э.* Гармонизация со стандартами Европейского Союза: вопросы, проблемы, решения. – Фотоника, т.4, 2020, №1, с.56-64.

[6]. *Бибик О.Б., Садовников И.Э.* К вопросу о нормативной базе по лазерной безопасности. – Фотоника, 2017, №1 (61), с.38-39.

[7]. *Рахманов Б.Н., Кибовский В.Т.* Лазер. Все же какого он класса опасности. Часть I. – Фотоника, 2015, №5 (53).

[8]. *Желтов Г.И.* Нормативы по лазерной безопасности: истоки, уровень, перспективы. – Фотоника, 2017, №1 (61).

[9]. *Желтов Г.И.* О нормативах по лазерной безопасности. – Лазер-Информ, 2018, №15-16 (630-631).

[10]. *Малькова Н.Ю., Лугиня С.В.* Проблемы технического регулирования в области фотоники. – Фотоника, 2019, №2.

[11]. *В.П.Минаев.* О стандартизации в вопросе лазерной безопасности. – Фотоника, 2016, №1 (55), с.114-146.

[12]. *Рахманов Б.Н., Кибовский В.Т.* Лазерная безопасность. Документы новые – проблемы старые. Лазер-Информ. 2016; вып. 21-22 (588-589).

[13]. ГОСТ Р МЭК 60825-1-2009 «Безопасность лазерной аппаратуры. Часть 1. Классификация оборудования, требования и руководство для потребителей».

[14]. ГОСТ Р 50723-94 «Лазерная безопасность. Общие требования при разработке и эксплуатации лазерных изделий».

[15]. ГОСТ 31581-2012 «Лазерная безопасность. Общие требования безопасности при разработке и эксплуатации лазерных изделий».

[16]. Санитарно-эпидемиологических требования к физическим факторам на рабочих местах 2.2.4.2259-2016 (Раздел VIII. «Лазерное излучение на рабочих местах»).

[17]. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

[18]. *О.А.Крючина, В.П.Минаев.* Новый СанПиН 1.2.3685-21. Состояние отечественной нормативной базы по лазерной безопасности. // Лазер-Информ. – 2021. – №5-6 (692-693). – с.7.

[19]. ГОСТ 12.0.003-2015 «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».

[20]. ГОСТ Р 71028-2023 «Оптика и фотоника. Оборудование на базе волоконных лазеров. Требования лазерной безопасности»

[21]. *О.А.Крючина.* Безопасная эксплуатация лазерного технологического оборудования. // РИТМ Машиностроения. – 2022. – №10. – с.34-37.

## ИНТЕРНЕТ-НОВОСТИ

## Прозрачные инновации: Новая эра солнечных панелей

Солнечная энергия — один из самых чистых и доступных источников возобновляемой энергии, что делает ее подходящим решением для преодоления глобального энергетического кризиса. Тем не менее, современные технологии солнечных панелей имеют определенные недостатки, которые препятствуют их широкому внедрению, включая неоптимальную эффективность, непомерные затраты и ограниченное использование доступного пространства.

Несмотря на эти проблемы, ученые всего мира продолжают заниматься исследованием новых материалов и передовых технологий, чтобы повысить эффективность и доступность солнечных панелей.

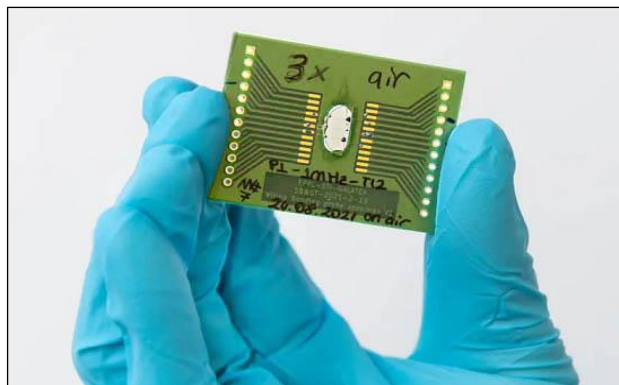
Одним из перспективных материалов является теллуриевое стекло, которое изготавливается из оксида теллура ( $\text{TeO}_2$ ) и других добавок, включая оксиды цинка, натрия и калия. Этот особый тип стекла обладает рядом уникальных свойств, которые делают его привлекательным для применения в солнечных энергетических системах.

Преимущество теллуриевого стекла связано с его относительно низкой температурой плавления, поскольку оно позволяет производить его с меньшими затратами энергии. Более того, его уникальная химическая стабильность позволяет стеклу сохранять желаемые характеристики даже при воздействии повышенных температур и влажной среды.

Однако наиболее важным свойством материала является его высокий показатель преломления. Это означает, что он может сильно изменять направление световых лучей, позволяя лучше улавливать солнечную энергию. Более высокий показатель преломления также говорит, что стекло может пропускать больше света. Наконец, оно обладает широким спектром пропускания в инфракрасной области, что позволяет использовать солнечную энергию более эффективно.

Недавние исследования показали, что теллуриевое стекло может быть использовано для генерации электричества от солнечного света или искусственного освещения. Ученые из Швейцарии и Японии проводили эксперименты с помощью фемтосекундного лазера, который создает короткие и интенсивные импульсы света. Они обнаружили, что при облучении теллуриевого стекла лазерным лучом на его поверхности образуются кристаллы теллура ( $\text{Te}$ ) и теллуриевой кислоты ( $\text{TeO}_2$ ). Эти кристаллы обладают полупроводниковыми свойствами, которые позволяют им генерировать электрический ток при освещении.

Интересно, что тип кристаллов, образующихся на поверхности теллуриевого стекла, зависит от характеристик лазерного луча. Если луч имеет круглую поляризацию, то образуются кристаллы теллура, которые обладают металлическим блеском и шестигранной формой. С другой стороны, если лазер обладает линейной поляризацией, то образуются кристаллы теллуриевой кислоты, которые имеют белый цвет и орторомбическую форму. Эти уникальные формы и свойства кристаллов создают впечатляю-



щие узоры на поверхности стекла, которые повторяют направление и форму лазерного луча.

Ученые провели измерения фотоэлектрического тока, возникающего в кристаллах теллура и теллуриевой кислоты при освещении различными типами света, включая ультрафиолетовый, видимый и инфракрасный. Исследователи обнаружили, что кристаллы теллура оказывают большую чувствительность к ультрафиолету, в то время как кристаллы теллуриевой кислоты реагируют на видимый и инфракрасный свет. Это означает, что теллуриевое стекло может генерировать электричество от широкого спектра света, включая солнечный свет и искусственное освещение.

Открытие, сделанное учеными, дает новые возможности для разработки прозрачных солнечных панелей, которые могут быть интегрированы в окна, фасады зданий и даже поверхности транспортных средств. Такие инновационные панели будут не только снижать зависимость от традиционных источников энергии, но и использовать солнечную энергию для сбора и передачи данных. Кристаллы теллура и теллуриевой кислоты обладают свойством изменять свою электрическую проводимость в зависимости от освещенности, что позволяет использовать их в сенсорных технологиях и датчиках.

Следует отметить, что применение теллуриевого стекла и фемтосекундного лазера для создания солнечных панелей имеет целый ряд преимуществ. Начнем с того, что метод производства этих солнечных панелей не только прост, но и очень экономичен. Благодаря использованию легкодоступных материалов и существующих технологий общие затраты на производство этих панелей значительно сокращаются.

Использование теллуриевого стекла в этих панелях обеспечивает исключительную механическую прочность, что делает их очень устойчивыми к любым повреждениям и исключительно долговечными. Важно также подчеркнуть: новый материал позволяет эффективно использовать солнечный свет, органично сочетаясь с архитектурной и визуальной привлекательностью зданий и ландшафтов.

<https://www.nanonewsnet.ru/news/2024/prozrachnye-innovatsii-novaya-era-solnechnykh-panelei>

## Интернет ускорили до 240 Гбит/с с помощью лазера — это путь к 6G

Исследователи из Университета Осаки и Института перспективных исследований Миноору совершили значительный прорыв в области фотонных технологий, добившись рекордной скорости передачи данных в 240 гигабит в секунду с помощью лазеров. Их подход основывается на использовании лазера вынужденного рассеяния Мандельштама-Бриллюэна, который создает очень точный сигнал за счет сочетания звуковых и световых волн. Это позволило им значительно уменьшить шум системы и повысить скорость передачи данных в беспроводных сетях.

Для достижения практически мгновенной связи в сетях 6G, исследователи использовали технологию многоуровневой модуляции сигнала, которая позволяет увеличить объем передаваемых данных в субтерагерцовом диапазоне. Главное пре

имущество использованного генератора сигналов на основе фотонных устройств заключается в значительном снижении фазового шума по сравнению с традиционными электрическими генераторами, что критически важно для работы на высоких частотах.

Эти научные достижения не только установили новый мировой рекорд скорости передачи данных, но и открыли путь для будущего внедрения технологии 6G, предоставляя основу для разработки беспроводной связи нового поколения. Ученые считают, что дальнейшее увеличение скорости передачи данных возможно за счет использования мультиплексирования и разработки более чувствительных приемников.

<https://rusamara.com/6386-internet-uskorili-do-240-gbit-s-s-pomoschju-lazera-otkryli-put-k-6g.html>

\* \* \*

## NASA: проект орбитальной лазерной антенны LISA прошел капитальную проверку

Европейское космическое агентство (ЕКА) объявило о принятии в свою программу миссий первой в своем космической обсерватории, которая предназначена для обнаружения гравитационных волн. В рамках проекта на середину 2030-х годов запланирован запуск космической антенны с лазерным интерферометром LISA, сообщается на официальном сайте NASA.

LISA будет состоять из трех космических модулей, расположенных в огромной треугольной формации, которая будет следовать за Землей на ее орбите вокруг Солнца. Каждая сторона треугольника простирается на 2,5 млн километров.

Каждый модуль будет отслеживать внутренние тестовые массы, на которые влияет только гравитация. В то же время аппараты будут поддерживать непрерывную лазерную связь, чтобы измерять расстояние между собой с точностью до размера атома гелия. Гравитационные волны от источников по всей Вселенной будут вызывать колебания длины плеч треугольника, и LISA уловит эти изменения.

NASA на правах участника проекта обеспечит LISA лазерами, телескопами и устройствами

для снижения электромагнитных помех. LISA использует это оборудование для точного измерения расстояний до источников гравитационных волн. ЕКА, в свою очередь, предоставит космический корабль и будет контролировать международную команду во время осуществления и эксплуатации миссии.

«В 2015 году наземная обсерватория LIGO открыла окно к изучению гравитационных волн, возмущений, которые проносятся через пространственно-временную ткань нашей Вселенной. LISA предоставит нам панорамный вид, позволяющий наблюдать широкий спектр источников как внутри нашей галактики, так и далеко за ее пределами», — отметил глава отдела астрофизики в штаб-квартире NASA Марк Клэмпин.

<https://www.gazeta.ru/science/news/2024/01/27/22205755.shtml>

\* \* \*

## Лазерная система связи SpaceX Starlink передаёт 42 млн гигабайт данных в день

Лазерная система связи между интернет-спутниками Starlink ежедневно передаёт более 42 петабайт или 42 млн гигабайт данных. Об этом рассказал инженер SpaceX Трэвис Брашурс (Travis Brashears) на мероприятии SPIE Photonics West, состоявшемся в Сан-Франциско.

Брашурс добавил «Фактически мы обслуживаем Бс помощью лазеров всех пользователей Starlink в определённый момент времени примерно в двухчасовом интервале».

Спутниковая группировка Starlink включает в себя тысячи телекоммуникационных аппаратов с 9 тыс. лазеров и позволяет передавать терабиты данных в

секунду. Хотя для предоставления доступа в интернет компания использует радиоволны, спутники также оснащаются системой лазерной связи друг с другом для снижения задержек и расширения зоны глобального покрытия. Лазеры, способные поддерживать скорость соединения в 100 Гбит/с на канал, особенно важны, когда поблизости нет наземной

станции SpaceX, например, над океаном или Антарктикой. В таком случае спутник передает данные не на Землю, а на другой аппарат на орбите, образуя ячеистую сеть в космосе. В своём выступлении Браширс отметил, что лазерная система достаточно надёжна несмотря на то, что располагается на борту тысяч спутников Starlink, которые находятся в непрерывном движении в космическом пространстве. Несмотря на периодически возникающие технические трудности, компания добилась уровня работоспособности лазерной линии связи более 99%.

Согласно представленной в ходе выступления инженера SpaceX презентации, спутники Starlink постоянно устанавливают лазерные связи, что приводит к примерно 266 141 «лазерному обнаружению» в день. При этом в некоторых случаях каналы могут поддерживаться неделями, а скорость передачи данных в них достигает 200 Гбит/с. Также было сказано, что лазерная система Starlink сумела соединить два спутника, которые находились на расстоянии более 5400 км друг от друга. *«Ещё один забавный факт заключается в том, что мы поддерживали связь на высоте до 122 км, пока сводили спут-*

*ник с орбиты»*, — рассказал Браширс.

Во время презентации он показал слайд, на котором демонстрировалось, как лазерная система Starlink может передавать данные по семи разным маршрутам на терминал в Антарктиде. *«Мы можем динамически менять маршруты за миллисекунды. Пока у нас есть путь к земле [наземной станции], работоспособность будет равна 99,99 %. Вот почему важно разместить там как можно больше узлов»*, — отметил представитель SpaceX.

В дальнейшем SpaceX планирует продолжить совершенствование лазерной системы передачи данных, в том числе для того, чтобы ее можно было размещать на спутниках сторонних производителей. Компания также изучает возможность передачи данных непосредственно от спутниковых лазеров на терминалы на поверхности Земли. Однако Браширс отметил, что для реализации этой технологии необходимо провести *«более глубокое исследование»*.

<https://3dnews.ru/1099700/lazernaya-sistema-spacex-starlink-peredayot-42-mln-gbayt-dannih-v-den>

\* \* \*

## Молекулярные «отбойные молотки» уничтожили 99% раковых клеток

Ученые протестировали новый экспериментальный подход в борьбе с раком, который предполагает мощное воздействие на клеточные мембраны для уничтожения опухоли. В лабораторных культурах лечение уничтожило 99% клеток рака, в моделях мышей обеспечило внушительный процент полного излечения. Новый подход эффективнее и безопаснее широко назначаемых противораковых методов.

Отбойные молотки могут без труда пробивать бетон. В новом исследовании ученые из США использовали эту идею и применили ее в лечении рака. Они создали молекулярные «молотки», которые способны наносить очень сильные удары по клеточной мембране и повреждать ее, провоцируя гибель раковой клетки.

Активация молотков осуществляется воздействием ближнего инфракрасного излучения, а стимуляция вибраций происходит с помощью молекулы аминокислоты, которая прикрепляется к внешней стороне мембраны.

*«Это намного более безопасная и эффективная альтернатива нынешним методам лечения рака»*, — заявили авторы.

Помимо прочего, у такого подхода очень низкие риски развития резистентности.

В настоящее время продолжается доклинический этап экспериментов. Ученые тестируют различные дозировки и изучают долгосрочные последствия.

<https://www.nanonewsnet.ru/news/2024/molekulyarnye-otboinye-molotki-unichtozhili-99-rakovykh-kletok>

\* \* \*

## Создан инфракрасный лазер, способный работать на разных длинах волн

Специалисты Института физики полупроводников (ИФП) им. А.В.Ржанова СО РАН и Института физики микроструктур (ИФМ) РАН в Нижнем Новгороде создали микродисковый лазер для среднего инфракрасного диапазона, способный работать на разных длинах волн. Лазер может использоваться для экологического мониторинга, медицинской диагностики и химического анализа.

Официальное издание СО РАН «Наука в Сибири» приводит слова заведующего лабораторией ИФМ РАН *Сергея Морозова*: «Важное преимущество созданного нами лазера: его конструкция позволяет, меняя температуру рабочей среды, настраивать длину волны излучения в широком диапазоне, что требуется для проведения химического анализа, диагностики и молекулярной спектроскопии. Квантово-каскадные и оптоволоконные лазеры такой возможности не дают».

Микродисковый лазер с термоэлектрическим

охлаждением для среднего инфракрасного диапазона создан на основе полупроводниковых наноструктур теллурида кадмия и ртути. Полупроводниковый материал для лазера выращен в ИФП СО РАН, лазер сделан в Институте физики микроструктур РАН. Результаты опубликованы в журнале *Applied Physics Letters*.

Ранее лазеры с активной средой на квантовых ямах (тонких слоях полупроводника, ограниченных с двух сторон полупроводниками другого состава) теллурида кадмия и ртути требовали охлаждения до не менее



чем минус 120 градусов Цельсия. Сейчас ученым удалось добиться повышения рабочей температуры до минус 43<sup>0</sup>С, что позволяет использовать для охлаждения рабочей среды миниатюрный термоэлектрический преобразователь вместо крупногабаритных установок.

Полупроводниковая структура сложного состава, выращенная в ИФП СО РАН, содержит несколько узких квантовых ям на основе теллурида ртути. Она была помещена в микродисковую конструкцию лазерного резонатора, благодаря которой излучение усиливается путем многократного отражения от стенок диска. «В нашем институте отработана технология контролируемого выращивания кванто-

вых ям на основе теллурида кадмия ртути и запатентован способ контроля толщины и состава с помощью эллипсометрических измерений. Мы можем воспроизводимо выращивать структуры даже с большим числом квантовых ям - 40-50. Больше никто в мире не умеет этого делать», – приводит издание «Наука в Сибири» слова старшего научного сотрудника ИФП СО РАН *Николая Михайлова*.

В дальнейшем ученые планируют сделать лазер миниатюрным, используя для накачки небольшие коммерческие полупроводниковые лазеры, доступные на рынке.

<https://nauka.tass.ru/nauka/19825235>

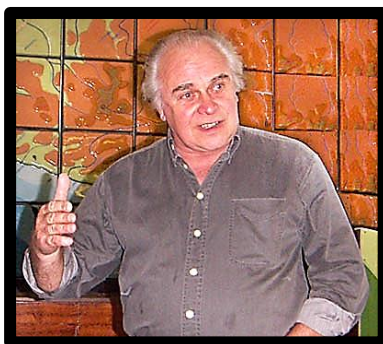
## Памяти Андрея Валентиновича Иванова

(2.11.1940-5.02.2024)

5 февраля после тяжёлой болезни скончался Почётный член Лазерной ассоциации **Андрей Валентинович Иванов** – известный российский биофизик, доктор физико-математических наук, кандидат биологических наук, один из ведущих отечественных специалистов в области лазерных методов диагностики и лечения опухолей.

Андрей Валентинович родился в Новочеркасске. В 1963 году окончил физический факультет Ростовского государственного университета, в 1972-м – аспирантуру физического факультета МГУ им. М.В.Ломоносова по специальности «биофизика». А.В.Иванов защитил две кандидатские диссертации – физико-математических наук и биологических наук, а в 2003-м стал доктором физико-математических наук, защитив диссертацию на тему «Физические основы лазерных методов в онкологии». Он был автором и соавтором более 300 научных работ, 27 патентов и авторских свидетельств. Его совместные с ФИАНовским коллегой С.Д.Захаровым исследования механизма фотодинамической терапии привели к результатам, которые были зарегистрированы в 1999 году как открытие нового физического явления, названного светокислородным эффектом. С 1974 года до последних дней жизни Андрей Валентинович работал в Национальном медицинском исследовательском институте им. И.И.Блохина – знаменитом московском «Онкоцентре на Каширке», где прошёл путь от научного сотрудника до заведующего научно-исследовательской лабораторией, которую сам и организовал (в последние годы он был там научным консультантом).

Будучи активным и результативным исследователем, Андрей Валентинович никогда не замыкался в стенах своей лаборатории. Он активно сотрудничал с коллегами – и с физиками, и с биологами, и с медиками, считал крайне важным взаи-



модействием специалистов разного профиля и поддерживал мероприятия, их объединяющие. Так, он стоял у истоков международной конференции «Лазеры в науке, технике, медицине», явился создателем и бессменным руководителем её секции «Биомедицинские применения лазеров», входил в состав редколлегий журналов «Медицинская физика» и «Лазерная медицина», стал членом Президиума Московского научно-технического общества радиотехники, электроники и связи им. А.С.Попова.

Активная жизненная позиция, понимание важности широкого практического использования лазерного излучения и, в связи с этим, необходимости объединения усилий отечественных специалистов-лазерщиков для сохранения и развития отечественной лазерно-оптической отрасли и помощи тем, кто должен осваивать её продукцию в других отраслях и сферах деятельности, закономерно привели Андрея Валентиновича в Лазерную ассоциацию. Он стал индивидуальным членом ЛАС ещё в 1993 году, с 1997 года постоянно входил в созданную ЛАС Коллегию национальных экспертов стран СНГ по лазерам и лазерным технологиям, а в 2002 году был избран в Совет Лазерной ассоциации, деятельным и инициативным членом которого проработал 16 лет.

В знак признания его заслуг перед отраслевым сообществом А.В.Иванов в 2014 году был избран Почётным членом Лазерной ассоциации.

Андрей Валентинович был талантливым учёным, добрым и отзывчивым человеком, ответственным и надёжным коллегой, активным общественником с государственным подходом к делу, он пользовался заслуженным авторитетом и уважением среди всех, кому посчастливилось работать с ним.

Светлая ему память...

*Совет Лазерной ассоциации, коллеги, друзья, ученики*



*Институт общей физики им. А.М.Прохорова РАН  
Дальневосточный федеральный университет  
Институт автоматизации и процессов управления ДВО РАН*

**31-я Международная конференция  
по передовым лазерным технологиям ALT'24  
(Advanced Laser Technologies 2024)  
23 – 27 сентября 2024 года, г.Владивосток, Россия**

**Тематики конференции:**

- Взаимодействие лазерного излучения с веществом;
  - Лазерные системы и материалы;
  - Биомедицинская фотоника;
- Лазерная диагностика и спектроскопия;
- Нелинейная и терагерцовая фотоника;
- Фотоника в квантовых технологиях;
- Передовые оптические материалы и метаматериалы;
- Сельскохозяйственная и биофизическая фотоника;
- Волоконная оптика в фотонике.

*Программа конференции включает пленарные, приглашенные,  
устные и стендовые доклады*

**Официальный язык конференции – английский.**

*В рамках конференции проводится выставка  
оборудования и материалов ведущих компаний,  
работающих в области лазерной и оптоэлектронной техники.*

**Подробная информация и новости на сайте <http://altconference.org/alt24>.**

«Лазер-Информ»  
Издание зарегистрировано в  
межведомственной комиссии  
МГСНД 26.12.91. Рег. № 281  
© Лазерная ассоциация.  
Перепечатка материалов и их  
использование в любой форме  
возможны только  
с разрешения редакции.

Отпечатано в НТИУЦ ЛАС  
Тираж 500 экз.

Главный редактор  
И.Б.Ковш  
Редактор Т.А.Микаэлян  
Ред.-издательская группа:  
Т.Н.Васильева  
Е.Н.Макеева

Наш адрес:  
117342, Москва, ул. Введенского, д.3, ЛАС  
Тел: (495)333-0022 Факс: (495)334-4780  
E-mail: info@cislaser.com  
http://www.cislaser.com  
Банковские реквизиты ЛАС:  
р/с 40703810538000006886  
В ПАО «Сбербанк» г.Москва  
к/с 30101810400000000225  
БИК 044525225