

# Лечение сосудистых дефектов кожи: часто задаваемые вопросы



**Игорь Владимирович Пономарев**

*К.ф.-м.н., руководитель проекта, Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН (Москва)*



**Светлана Викторовна Ключарева**

*Д.м.н., профессор кафедры дерматовенерологии СЗГМУ им. И.И. Мечникова (Санкт-Петербург)*

Почему желтый свет лучше других действует на сосуды? Что такое «время термической релаксации»? Чем большее световое пятно хуже маленького? Какой лазер лучше использовать для сосудов и в чем отличие лазера от источника импульсного света? Ответы на эти вопросы помогут врачу-косметологу понять принцип фототерапии расширенных сосудов на коже.

В 1981 г. Ричард Рокс Андерсон (R.R. Anderson) и Джон Пэрриш (J. Parrish) предложили концепцию селективного фототермолиза [1], суть которой сводится к возможности избирательного воздействия светового излучения на хромофоры кожи (меланин, гемоглобин и пр.). За прошедшие годы эта концепция была многократно подтверждена и в настоящее время является теоретическим обоснованием лечения сосудистых дефектов кожи.

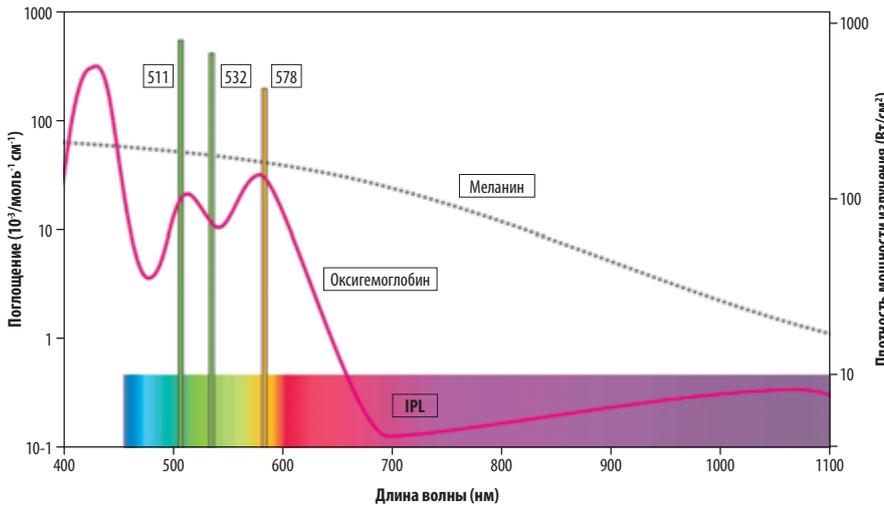
Идеальный источник света для лечения сосудистых дефектов кожи должен удовлетворять следующим критериям:

- иметь *длину волны*, соответствующую желтой области спектра, которая совпадает с локальным максимумом поглощения света оксигемоглобином (как, например, длина волны 578 нм лазера на парах меди; **рис. 1**).
- иметь *длительность светового импульса* меньше времени передачи тепла от сосуда-мишени к окружающей ткани, чтобы удалось поднять до нужных величин температуру сосуда-мишени, не повреждая окружающие ткани и не перегревая их.

## Длина волны: лазер или IPL?

Лазеры излучают монохроматический свет, т.е. имеют четко определенную длину волны. Источники интенсивного импульсного света (IPL) в отличие от лазеров излучают одновременно в широком диапазоне волн, из которого с помощью специального узкополосного фильтра можно выделить нужную область спектра — обычно 515–1200 или 550–950 нм (**рис. 1**). Однако эти длины волн поглощаются разными хромофорами, и процесс фототермолиза утрачивает селективность.

В импульсной лампе (IPL) доля «полезного спектра» в желтой области невелика, поэтому для коррекции сосудистых дефектов потребуется большая энергия и более высокие параметры, чем при использовании с этой же целью лазера с желтой длиной волны (**рис. 2**). Известно, что чем больше длина волны в диапазоне 850–1200 нм, тем глубже проникновение светового излучения в кожу. Глубина проникновения интенсивного импульсного света варьирует от долей миллиметра до сантиметров, что может представлять опасность при удалении сосудистых образований в периорбитальной области, так как там сосуды располагаются поверхностно, а если прогрев распространяется



**Рис. 1.** Спектр поглощения основных хромофоров кожи (меланина и оксигемоглобина) и длины волн генерации лазера на парах меди (511 и 578 нм), лазера КТР (532 нм) и IPL

на 1 см, то формирование рубцов неизбежно, что часто и происходит при использовании подобных лазерных систем. Есть также риск ожога сетчатки.

Время передачи тепла от сосуда-мишени к окружающей ткани называется *временем термической релаксации* — ВТР.

### Выбор длительности импульса

Для каждого размера сосуда существует максимальная длительность светового импульса, при которой возможен процесс селективного нагрева сосуда без повреждения окружающей ткани, т.е. сосуд-мишень нужно нагреть быстрее, чем он передаст тепло окружающей ткани (рис. 3, табл. 1).

**Таблица 1.** Время передачи тепла от мишени к окружающей ткани при лечении сосудов различного диаметра

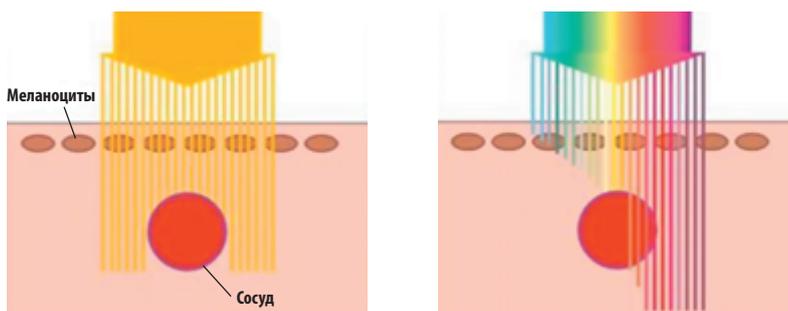
Диаметр сосуда (микроны)	Время термической релаксации (ВТР, мс)
30	0,86
40	1,54
50	2,40
100	9,60
150	21,6
200	38,4
250	60,0
300	86,2

### Один импульс или серия импульсов?

Одну и ту же энергию, необходимую для нагревания сосуда, при условии соблюдения времени тепловой релаксации можно передать единичным лазерным импульсом или серией импульсов. Что лучше?

На рис. 4 показано действие единичного импульса большой энергии. Для маленьких сосудов энергия лазерного импульса может оказаться слишком велика, что приводит к микровскипанию и разрыву такого сосуда. Это вызывает эффект «пурпуры», т.е. синяка, который часто наблюдается на сосудистых лазерах Candela [2]. В то же время для крупного сосуда энергии одного импульса может оказаться недостаточно.

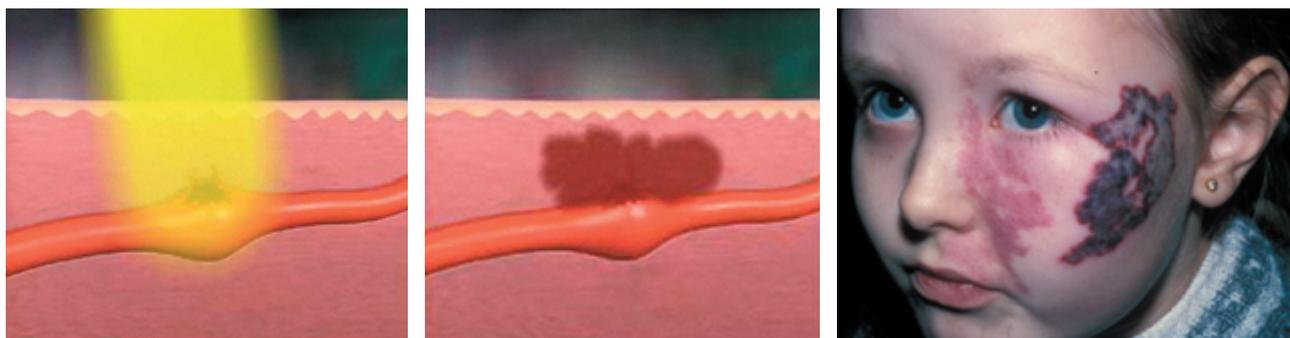
При нагревании сосуда серией импульсов ситуация более благоприятна. Например, лазер на парах меди излучает свет сериями



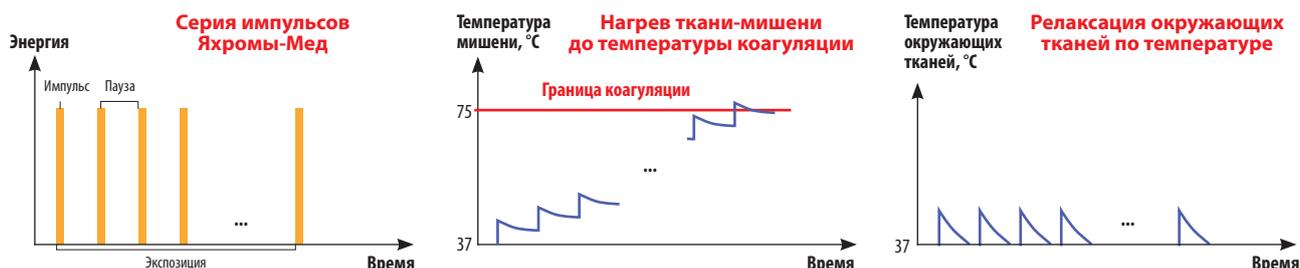
**Рис. 2.** Схема коагуляции сосуда: слева — с использованием желтой длины волны лазера на парах меди, справа — с использованием IPL



**Рис. 3.** Сверху — длительность светового импульса короче, чем время передачи тепла от мишени к окружающей ткани; снизу — длительность светового импульса длиннее, чем время передачи тепла от мишени к окружающей ткани



**Рис. 4.** Схема нагрева сосуда под воздействием лазерного импульса большой энергии развитие пурпуры на месте воздействия лазером фирмы Candela



**Рис. 5.** Схема нагрева сосудистого дефекта кожи при воздействии серии лазерных импульсов

коротких наносекундных импульсов (**рис. 5**), каждый из которых короче времени тепловой релаксации (ВТР) основных хромофоров кожи — гемоглобина и меланина. Сосуд-мишень накапливает энергию, необходимую для коагуляции, а окружающие ткани успевают остыть за время между импульсами. Пауза между импульсами 60 мкс дает возможность селективно воздействовать на мишень без перегрева окружающих тканей [3, 4].

### Размер светового пятна: лазер или IPL?

Размер пятна фокусировки импульса света на коже пациента должен быть сравним с диаметром сосуда-мишени. В этом случае световому воздействию подвергнется только сам сосудистый дефект, а кожа вокруг останется интактной. Такую возможность дают только лазерные источники света. Например, размер светового пятна лазера на парах меди — около 1 мм (**рис. 6**).

Технология IPL не позволяет сфокусировать излучение определенной мощности в достаточно маленькое пятно. Это ограничение следует из некогерентной природы излучения импульсной лампы и отсутствия коллимированности. Стандартный размер светового пятна IPL — 8 × 35 мм.



**Рис. 6.** Размер пятна фокусировки лазера на парах меди (около 1 мм) сравним с диаметром сосудов, которые требуется удалить

Большой размер пятна IPL при лечении сосудистых дефектов кожи является серьезным недостатком, т.к. в области воздействия могут находиться и мелкие и крупные сосуды, каждый из которых требует индивидуальной дозировки (**рис. 7**). Таким образом, часть сосудов останется неудаленной, что ухудшает результат лечения. При этом здоровые участки кожи между сосудами получают дозу облучения и травмируются, что повышает риск осложнений, в т.ч. и образования рубцов. Кроме того, болевой эффект при воздействии импульсной лампы сильнее, чем после лазера, а побочные эффекты в виде отечности и эритемы более выражены и держатся дольше, несмотря на принимаемые меры.

Таким образом, область применения импульсных ламп (IPL) в лечении сосудистых патологий кожи ограничена неселективностью их воздействия и высоким риском развития побочных эффектов.

## Какой аппарат выбрать?

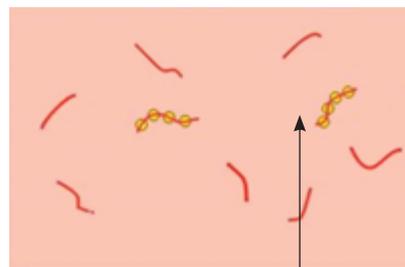
Сосудистые дефекты кожи успешно удаляются лазерами уже более двух десятков лет. Наиболее эффективными, как с точки зрения теории селективного фототермолиза, так и с точки зрения практики, оказались импульсные лазеры желтого света — импульсный лазер на красителе (Flashlamp Pulsed Dye Laser, FPDЛ) и лазер на парах меди (Copper Vapor Laser, CVL). Также для лечения сосудистых патологий кожи применяется КТР лазер, а для удаления сосудов на ногах — Nd:YAG, александритовый и диодные лазеры с разными длинами волн. В последнее время в этой области нашли применение импульсные источники света. Все эти аппараты отличаются выходными характеристиками, а также особенностями воздействия на живую ткань (**табл. 2**).

**КТР лазер** (аппарат Coherent VersaPulse V компании Lumenis) с длиной волны 532 нм использует удвоение частоты Nd:YAG лазера. Для удаления сосудистых дефектов кожи применяются только системы с импульсом 2–50 мкс. КТР (калий-титанил-фосфатный) лазер содержит сложную оптическую часть и требует довольно серьезного технического обслуживания, как лазера накачки, так и кристалла, служащего для удвоения частоты. При этом длина волны 532 нм не является оптимальной для селективной коагуляции сосудов (**рис. 1**). Дело в том, что зеленое излучение (532 нм) лучше поглощается меланином, чем гемоглобином и оксигемоглобином, а глубина его проникновения в ткань существенно ниже, чем у желтого (577–578 нм). Поэтому на длине волны 532 нм следует ожидать меньшего эффекта лечения сосудов и большего риска возникновения рубцов.

**Nd:YAG, александритовый и диодные лазеры** излучают длины волн (1064, 755 и 810 нм соответственно), которые глубоко проникают в биологическую ткань и применяются для удаления более глубоко залегающих патологических сосудов. Но излучение этих лазеров не может селективно воздействовать на кровеносные сосуды, т.к. в диапазоне 700–1100 нм коэффициент поглощения гемоглобина в среднем в 100 раз меньше, чем на желтой длине волны (**рис. 1**), поэтому можно ожидать появления разных побочных эффектов, включая рубцы. Эти лазеры нежелательно применять для удаления сосудов на лице.

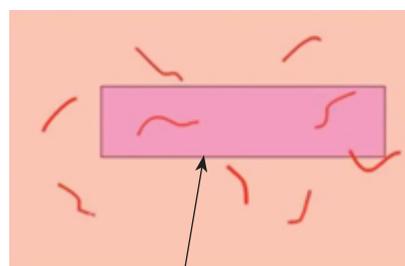
**Импульсные источники света (IPL)** (например, Quantum SR компании Lumenis) используют импульсную лампу большой мощности, из спектра

### Точки воздействия при коагуляции сосудов Яхромой-Мед



Размер каждой точки 1 мм. Воздействие только на сосуд. Окружающие участки кожи не травмируются

### Пятно воздействия при коагуляции сосудов импульсной лампой IPL



Размер области воздействия 8 × 35 мм. Вместе с сосудом ожог получают здоровые участки кожи

**Рис. 7.** Сравнение области воздействия на сосудистые дефекты кожи IPL и лазера

**Табл. 2.** Аппараты, применяемые в дерматокосметологии для лечения сосудистых дефектов кожи

Аппарат	VersaPulse V	QuadroStarPRO	Vbeam	Dual Yellow	Quantum SR	Яхрома-Мед
Компания-изготовитель	Lumenis	Asclepion Laser Technologies GmbH	Candela	Norseld	Lumenis	ФИАН
Тип излучения	2-я гармоника Nd:YAG лазера	Полупроводниковый лазер с оптической накачкой	Импульсный лазер на красителях	Лазер на бромиде меди	Аппарат IPL	Лазер на парах меди
Длина волны, нм	532	577	595	511, 578	560–1200, 640–1200	511, 578
Размеры пятна, мм	Диаметр 2–10	Диаметр 1 мм	Диаметр 7, 10, 3 × 10	Диаметр 0,6; 1,5	8 × 35	Диаметр 0,6; 1,0
Время экспозиции	2–50 мс	1 мс — 95 с	1,5–40 мс	5–950 мс	2–25 мс	100–900 мс
Встроенное динамическое охлаждение	Использование охлаждающей насадки	Возможно использование охлаждающей насадки	Есть	Нет, возможно использование охлаждающей насадки	Использование охлаждающей насадки	Нет, возможно использование охлаждающей насадки
Наличие сканера	Нет	Есть	Нет	Есть	Нет	Есть
Время готовности, мин	не более 5	не более 5	не более 5	не менее 20	не более 5	не менее 30
Размеры установки, см	46 × 84 × 99	42 × 38 × 19	111 × 46 × 81	122 × 30 × 33	151 × 67 × 94	95 × 43 × 24
Вес, кг	150	12	136	50	150	30

которой узкополосным фильтром выделяется нужная спектральная область (обычно 515–1200 нм). Данная технология хорошо выравнивает цвет лица за счет одновременного воздействия на меланин в коже и оксигемоглобин в сосудах, однако для прицельного удаления серьезных сосудистых дефектов это не самый лучший вариант. Также необходимо знать, что для достижения результата требуется проведение многократных процедур: от 5 до 10.

**Лазер на красителях с ламповой накачкой** (например, аппараты ScleroPlus и Vbeam компании Candela) с длиной волны 585 нм использует мощную импульсную дуговую лампу (лампу-вспышку), возбуждающую жидкий краситель, протекающий через стеклянную кювету, размещенную в резонаторе. Резонатор лазера образован выходным зеркалом и перестраиваемым элементом. Лазер на красителе нуждается в водяном охлаждении. Кроме того, краситель является органическим, токсичным веществом, а растворитель огнеопасен, что повышает требования безопасности при эксплуатации прибора. Требуется регулярная замена красителя, и, следовательно, эксплуатация лазера обходится довольно дорого. Сотни статей, опубликованных в международных журналах, признают, что этот тип лазера — один из самых лучших и безопасных для лечения самого широкого спектра сосудистых и других патологий кожи.

**Лазер на парах меди** (модель Яхрома-Мед Физического института им. П.Н. Лебедева) излучает одновременно две длины волны — 511 и 578 нм (зеленый и желтый свет), с помощью фильтров можно выделить любую из них. В отпаянной лазерной трубке, которая имеет ресурс более 1500 часов, металлическая медь разогревается до температуры плавления и испарения, прибор имеет воздушное охлаждение.

**Лазер на парах бромида меди** (аппарат Dual Yellow компании Norseld) генерирует две длины волны (511 и 578 нм), как и лазер на парах меди, т.к. активную среду составляют атомы меди. Для получения атомов меди в данном аппарате используется диссоциация паров бромида меди в электрическом разряде. Это позволяет снизить рабочую температуру разрядного канала до 500°C. Однако сложные плазмохимические процессы в активной среде таких лазеров снижают срок службы лазерной трубки по сравнению с лазерами на парах чистой меди, что делает сложной ее эксплуатацию.

**Лазер QuadroStarPRO с длиной волны 577 нм** (компании Asclepion Laser Technologies GmbH (Германия)) — это полупроводниковый лазер с оптической накачкой. Выходная мощность этого аппарата квазинепрерывная, т.е. нет импульсов с высокой энергией и паузами между ними. Такой аппарат будет обладать меньшей селективностью при работе на небольшие сосуды.

## Заключение

В настоящее время на рынке существует великое множество лазеров для лечения сосудистых дефектов кожи. Эти аппараты отличаются выходными характеристиками, механизмами взаимодействия их излучения с тканями. Правильный выбор типа лазерного источника света и режима воздействия позволит минимизировать риск осложнений и сократить время реабилитации пациента.



## Литература

1. Anderson R.R., Parris J.A. Microvasculature can be selectively damaged using dye lasers: A basic theory and experimental evidence in human skin. *Lasers Surg Med* 1981; 1: 263.
2. Waner M., Dinehart S.M., Willson M.B., Flock S.T. A comparison of copper vapor and flashlamp pumped dye lasers in the treatment of facial telangiectasia. *J Dermatol Surg Oncol* 1993; 19: 992–998.
3. Власов П.Г. Селективная коагуляция сосудистых дефектов лица лазерной установкой на парах меди Яхрома-Мед. *Ангиол и сосуд хир* 2001; 7 (3): 100–104.
4. Кубанова А.А., Данишук И.В. Селективная деструкция телеангиэктазий лазером на парах меди. *Вестн дерматол и венерол* 2000; 2: 26–27.

**Абстракт.** В статье описывается механизм применения лазеров и импульсных источников света в дерматологии для лечения сосудистых дефектов кожи. Анализируются преимущества и недостатки различных лазерных и IPL-систем.

**Ключевые слова:** IPL, сосудистый дефект кожи, лазер, лазер на парах меди, фототерапия.