

**ФЛУОРЕСЦЕНТНАЯ ДИАГНОСТИКА В ДЕРМАТОЛОГИИ (ОБЗОР)**

*Е. М. Галкина* — ГБОУ ВПО Саратовский ГМУ им. В. И. Разумовского Минздрава России, кафедра кожных и венерических болезней, ассистент; *С. Р. Утц* — ГБОУ ВПО Саратовский ГМУ им. В. И. Разумовского Минздрава России, заведующий кафедрой кожных и венерических болезней, профессор, доктор медицинских наук.

**FLUORESCENCE DIAGNOSTICS IN DERMATOLOGY (REVIEW)**

*E. M. Galkina* — Saratov State Medical University n.a. V. I. Razumovsky, Department of Skin and Venereal Diseases, Assistant; *S. R. Utz* — Saratov State Medical University n.a. V. I. Razumovsky, Head of Department of Skin and Venereal Diseases, Professor, Doctor of Medical Science.

Дата поступления — 10.09.2013 г.

Дата принятия в печать — 17.10.2013 г.

*Галкина Е. М., Утц С. Р. Флуоресцентная диагностика в дерматологии (обзор) // Саратовский научно-медицинский журнал. 2013. Т. 9, № 3. С. 566–572.*

В обзоре литературы представлен синтез достижений в области изучения флуоресценции кожи под действием ультрафиолетового излучения.

**Ключевые слова:** акне, аутофлуоресценция, спектроскопия.

*Galkina E. M., Utz S. R. Fluorescence diagnosis in dermatology (review) // Saratov Journal of Medical Scientific Research. 2013. Vol. 9, № 3. P. 566–572.*

In this review, the synthesis of the achievements in the field of fluorescence of the skin exposed to ultraviolet radiation.

**Key words:** acne, autofluorescence, spectroscopy.

Флуоресцентная спектроскопия с использованием источника возбуждения в ультрафиолетовом спектральном диапазоне является ценным инструментом для исследования оптических свойств кожных покровов. Данный метод обеспечивает эффективный подход в исследовании структуры и функций кожи. Известно, что определенные ее компоненты являются флуорофорами. Некоторые из них способны метаболизировать определенные синтетические вещества, усиливающие флуоресценцию. Эти характеристики могут быть использованы для расширенной диагностики аспектов кожной патофизиологии и получения спектральных изображений кожи неинвазивным методом в реальном времени. Лазер-индуцированная аутофлуоресценция дает информацию о метаболическом состоянии коже, в частности о некоторых дефектах ее метаболизма, а также о наличии различных микроорганизмов на поверхности кожных покровов. Кроме того, флуоресценция может быть использована для дифференцировки между тканевыми структурами. Биологические процессы, происходящие в коже, а также некоторые кожные заболевания тоже способны модулировать флуоресцентные сигналы. К ним относятся фотостарение, псориаз, акне, базально-клеточная карцинома и др.

Количественная оценка оптических параметров кожи позволяет получать объективную информацию о концентрации и распределении в ней различных биологических хромофоров, что возможно использовать для диагностики различных заболеваний кожи, изучения последствий воздействия факторов окружающей среды, оценки эффективности лечения. Среди оптических методов исследований кожи *in vivo* наибольшее развитие получили методы отражательной и флуоресцентной спектроскопии. Отраженное кожей излучение или ее флуоресценция содержат информацию о структуре эпидермиса и дермы, количестве и кровенаполнении сосудов, интенсивности происходящих в коже метаболических процессов и др.

Одним из фундаментальных явлений, возникающих при взаимодействии света с биологическими

объектами, является их люминесценция — широкополосное свечение на более длинных волнах по сравнению с длиной волны возбуждения. Люминесценцию можно подразделить на флуоресценцию, соответствующую разрешенному оптическому переходу со сравнительно большим квантовым выходом и малым (наносекунды) временем жизни, а также фосфоресценцию, соответствующую «запрещенному» переходу с низким квантовым выходом и большим временем распада порядка нескольких микро- или миллисекунд. Интенсивность флуоресценции пропорциональна концентрации и квантовому выходу флуоресценции поглощающих молекул.

Целый ряд практических применений флуоресцентной спектроскопии показал исключительную эффективность метода при исследованиях кожи. К таковым можно отнести изучение природы флуоресценции кожи, возбужденной длинноволновым УФ-излучением [1–4], использование флуоресценции для оценки фотостарения кожи [5–6], определение областей с повышенным содержанием меланина [6–7], оценку степени эритемы и пигментации кожи [7–10] и др. Интенсивно развиваются также методы визуализации кожной ткани, основанные на ее аутофлуоресценции (АФ) [11–12].

Процессы формирования спектров диффузного отражения и АФ кожи определяются одними и теми же поглощающими и рассеивающими свойствами биоткани. Поэтому совместное использование методов отражательной и флуоресцентной спектроскопии позволяет получить дополнительную информацию об объекте исследования и вносит определенный вклад в развитие фундаментальных представлений о происходящих в коже биофизических процессах.

Кожа человека содержит большое число разнообразных природных флуорофоров, которые имеют различные спектральные области поглощения и флуоресценции, различные квантовые выходы флуоресценции, различные времена затухания флуоресценции, различные пространственные распределения по толщине кожной ткани. Некоторые флуорофоры имеют близкие или перекрывающиеся области поглощения и флуоресценции, в результате чего выходящее излучение флуоресценции имеет

**Ответственный автор** — Галкина Екатерина Михайловна  
Адрес: 410040, г. Саратов, пр. 50 лет Октября, 79, кв.41.  
Тел.: 8845234-10-88  
E-mail: kalinina13@mail.ru

сложный спектральный состав [13–16]. Более того, в коже содержатся также нефлуоресцирующие хромофоры, такие как гемоглобин, поглощение которыми выходящего из кожи излучения проявляется в возникновении в спектре флуоресценции специфических провалов и пиков (таблица).

**Максимумы поглощения и флуоресценции эндогенных хромофоров**

Вещество	Растворитель	Поглощение (нм)	Флуоресценция (нм)
Триптофан	H <sub>2</sub> O	220,280,288	320–350 [1]
Тирозин	H <sub>2</sub> O	220,275	305 [2]
Коллаген		300–340	420–460
Эластин		300–340	420–460
НАДН	H <sub>2</sub> O	260,340	470
НАДФ	H <sub>2</sub> O	260,340	470
Флавины	H <sub>2</sub> O	260,370,450	530
Zn-копропорфирин	DMCO	411,539,575	580
Zn-протопорфирин	DMCO	421,548,585	592
Уропорфирин	DMCO	404,501,533,568,622	624
Копропорфирин	DMCO	398,497,531,565,620	622
Протопорфирин	DMCO	406,505,540,575,630	633

По мере увеличения длины волны возбуждающего света в формирование спектра ценции вовлекаются новые флуорофоры, расположенные в более глубоких слоях кожи.

Флуоресценция кожи в спектральном диапазоне 320–370 нм (максимум вблизи 340 нм) возникает при возбуждении светом более коротковолновой части УФВ-диапазона с длинами волн 250–290 нм, причем максимум возбуждения находится вблизи 280 нм. АФ кожи в УФА-диапазоне спектра обусловлена ароматическими аминокислотами, прежде всего тирозином и триптофаном. Интенсивность АФ кожи в этой области мало меняется от образца к образцу, что вполне объяснимо ввиду отсутствия ослабляющего влияния на флуоресценцию меланина, расположенного преимущественно в нижних слоях эпидермиса и в верхней дерме. Содержание тирозина и триптофана в эпидермисе более чем в два раза превышает их содержание в дерме, поэтому эпидермис обладает высокой АФ в УФА-диапазоне [17–21].

Охарактеризовать природу АФ кожи в диапазоне 400–480 нм (с максимумом около 460 нм) представляется достаточно сложным. В данном случае пики возбуждения и флуоресценции не являются спектральными постоянными. Вероятными претендентами на эту роль могут быть локализованные в эпидермисе разные формы кофермента НАД [16, 22–25] и кератин [26], а также дермальный коллаген [27]. Восстановленная (НАДН) и связанная (НАД+) формы кофермента отличаются спектральными областями флуоресценции (максимумы флуоресценции — 460

нм и 435 нм соответственно), квантовыми выходами (для НАДН он существенно выше) и временами затухания флуоресценции (для НАДН оно меньше), поэтому интенсивность флуоресценции НАД в биологической ткани, зависящая от локальной клеточной концентрации этих коферментов, не только является индикатором состояния метаболического процесса в биоткани [28–30], но и позволяет провести количественную оценку содержания НАДН [31].

Многие авторы отмечают сходство между спектром АФ кожи человека *in vivo* и спектром флуоресценции кератина (максимум вблизи 450 нм), измеренной в условиях *in vitro* [32–35]. Коллаген является наиболее привлекательным в качестве основного источника АФ кожи в рассматриваемом диапазоне длин волн по нескольким причинам. Почти 75% сухой дермальной ткани состоит из коллагеновых волокон [36]. Коллаген является основным компонентом соединительной ткани, содержащим 90% белков дермы. В дерме найден коллаген типа I и типа III; коллаген типа IV найден в базальной мембране [37]. В дермальных слоях распределение волокон коллагена практически однородно [38].

Заключение о доминирующей роли эпидермальных флуорофоров (кератин, НАДН) в формировании спектра АФ кожи основано на сходстве *in vitro* спектров флуоресценции кератина и НАДН со спектрами *in vivo* кожи человека [39].

Максимумы флуоресценции коллагена и эластина спектрально отличаются от максимума АФ кожи. Однако необходимо учесть, что спектры флуоресценции коллагена и эластина могут видоизмениться по мере выхода излучения из кожи из-за поглощения флуоресценции хромофорами эпидермиса. Прежде всего, как возбуждающее излучение, так и флуоресценция ослабляются из-за поглощения меланином, при этом возможно смещение максимума флуоресценции в длинноволновую часть спектра. Такое же действие оказывает гемоглобин (полоса Сорэ). Другие хромофоры кожи (билирубин, порфирины, каротиноиды и др.) также могут вносить вклад в модификацию спектра АФ кожи в диапазоне 400–480 нм [40, 36].

При возбуждении в видимой области спектра (450–500 нм) основной вклад в АФ кожи вносят каротиноиды и флавиновые ферменты [41–44]. АФ кожи в красной области спектра характеризуется меньшей интенсивностью по сравнению с интенсивностью флуоресценции в УФА и коротковолновой видимой областях. Максимум возбуждения расположен около 400 нм, максимум флуоресценции — около 600 нм. Кроме того, обнаруживаются менее выраженные пики флуоресценции в диапазоне 580–640 нм. Наиболее вероятным флуорофором в этом диапазоне спектра является протопорфирин IX, содержащийся в больших количествах в секрете сальных желез [45–49].

Фолликулярная флуоресценция. *Propionibacterium acnes* (РА) являются анаэробными микроорганизмами, которые колонизируют сально-волосяные фолликулы. Эти микроорганизмы поддерживают специфические воспалительные реакции, вызывающие развитие акне, способствуют образованию провоспалительных цитокинов [4, 50, 51]. Количество *P. acnes* может значительно варьировать от одного фолликула к другому, что, вероятно, связано с особыми биологическими условиями, влияющими на жизнедеятельность и распространение данного микроорганизма [52]. Первыми местами колонизации бактерий у детей являются нос и под-

бородок [53]. Большая часть из них синтезирует копропорфирин III, который в качестве флуорохрома находится в устье сально-волосяного фолликула [54–58]. Также *P. acnes* в меньших количествах образуют копропорфирин I и протопорфирин [59]. Порфирины являются необходимыми элементами многих биологических процессов [12, 60–63]. Интенсивность их флуоресценции пропорциональна плотности *P. acnes* [13, 64–67] (рисунок).

Установлена корреляция между фолликулярной флуоресценцией и флуоресценцией кожного сала [68]. Например, фолликулы с незначительным количеством кожного сала излучают блестящий белый свет из-за плотно прилегающих кератиноцитов на поверхности воспалительного элемента, фолликулы с избыточным количеством кожного сала излучают флуоресцентный сигнал красного цвета, сально-волосяные фолликулы с измененными параметрами pH образуют кожное сало с желтой флуоресценцией. Как правило, фолликулы с нормальным качественным и количественным составом кожного сала не дают флуоресценции.

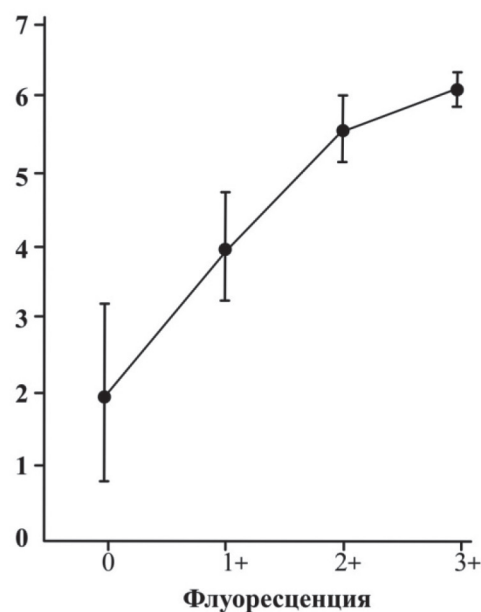
Cornelius et Ludwig впервые отметили, что причиной возникновения фолликулярной флуоресценции являются сорпорпорфирин III и протопорфирин 9, выделяемые *P. acnes* [49]. Однако Johnsson и соавт. [41], изучая образцы кожного сала пациентов с акне, выявили различные спектры излучения содержимого сально-волосяных фолликулов, принадлежащих различным людям. Также исследователи отметили, что уровень флуоресценции только частично соответствовал уровню копропорфирина в образцах, поэтому красная флуоресценция могла бы быть вызвана другими компонентами.

Таким образом, интенсивность флуоресценции напрямую сопоставима со степенью тяжести акне и может служить для разработки плана лечения и оценки его эффективности [44].

Выделяют основные характеристики, влияющие на интенсивность фолликулярной флуоресценции: количество кожного сала в сально-волосяном фолликуле, распространенность процесса и pH-фактор поверхности кожи. У пациентов, страдающих акне, как и у большинства здоровых людей, на коже лица определяется фолликулярная флуоресценция различной интенсивности. Наиболее она выражена на коже носа и подбородка и локализуется в области устьев сально-волосяных фолликулов. Флуоресценция, производимая *P. acnes*, обладает схожими характеристиками, однако она более интенсивна и более диффузна.

Pierard-Franchimont и соавт. производили цианоакрилатные поверхностные биопсии кожи лица [42, 43]. Исследовалась поверхностная часть рогового слоя и поверхностное содержимое устьев фолликулов. Показатели биопсий изучались с помощью флуоресцентного микроскопа, при этом содержимое одних фолликулов имело флуоресцентные сигналы, других нет. Из этого был сделан вывод, что наличие и интенсивность возникающей флуоресценции может служить критерием оценки плотности инфундибулярной колонизации *P. acnes* [42, 43, 70, 71]. Кроме того, уменьшение степени выраженности фолликулярной флуоресценции выявлялось после применения клейкой пленки на коже лица.

Другой способ исследования фолликулярной флуоресценции основывается на применении крема с фотозащитой от солнечных лучей, который блокирует прохождение ультрафиолетовых лучей, вызы-



Фолликулярная порфириновая флуоресценция

Корреляция между количеством *Propionibacterium acnes* и распространенностью красной флуоресценции

вающих флуоресценцию. Это свойство может быть использовано для определения времени, в течение которого крем, нанесенный на область высыпаний, сохраняет свою эффективность [36].

Различные антипропионбактериальные факторы способны влиять на изменение интенсивности фолликулярной флуоресценции, которая под их действием может бледнеть или даже исчезнуть [63]. Некоторые антибиотики, такие, как тетрациклин, влияют на *Propionibacteria acnes* [66]. Примечательно, что Szepetiuk и соавт. наблюдали пациентов с акне во время и после лечения лимециклином в дозе 600 мг/сут [62, 63]. При этом фолликулярная флуоресценция исчезала на всей поверхности кожи лица, за исключением крыльев носа. Эта область, видимо, представляет собой «защищенное место» организма от перорального приема антибиотиков. Актуальным также является и наружное применение препаратов, влияющих на жизнедеятельность *Propionibacteria acnes*. Бензоил пероксид, как известно, способен быстро уменьшить количество *P. acnes* в сально-волосяных фолликулах [19]. Его высокая растворимость в липидах позволяет глубоко проникать в густозаселенные бактериями фолликулы и снижать интенсивность флуоресценции после трех дней лечения [19]. Также снижение флуоресценции выявляется уже через два часа после применения геля, объединяющего в составе адапален 0,1% и бензоил пероксид 2,5% (Epiduo®, Galderma) [38].

Следует отметить, что оценки различных методов лечения акне были основаны на выявлении эндогенных порфиринов под действием либо синего света ( $\lambda=407\text{--}420\text{ нм}$ ), либо фотодинамической инактивации порфиринов после предварительного применения 5-АЛК [69, 71].

Фотостарение. Длительное воздействие ультрафиолетовой части солнечного света может нанести существенный ущерб кожным покровам. Хроническое облучение вызывает эластоз или даже рак кожи. Эффекты, вызванные ультрафиолетовым излучени-

ем, могут наблюдаться очень рано и выявляться при помощи флуоресценции компонентов кожи прежде, чем могут развиться нежелательные последствия. При ультрафиолетовом освещении (375 нм) коллагеновые и эластические волокна в дерме излучают флуоресцентные сигналы [67]. Коллаген-опосредованная флуоресценция представляет особый интерес, так как изменения коллагена в большей мере важны при фотостарении кожи. Флуоресценция эластана меньше изучена из-за его слабого флуоресцентного сигнала, который в значительной степени перекрывается с сигналами других флуорофоров (Vaneqee и др., 1998). Источником флуоресценции коллагена является фтор, входящий в состав сшивок коллагеновых волокон и соответствует спектру 420–450 нм [38]. Получаемые данные являются гетерогенными и отражают субклиническую меланодермию кожи, которая, вероятно, является маркером фотостарения [36].

Псориаз. Bissonnete и др. изучали аутофлуоресценцию красного цвета псориазных высыпаний под действием лучей лампы Вуда (см. рисунок) [38]. Бляшки с обильным шелушением имели более выраженную флуоресценцию. Также отмечалось, что у одного и того же пациента некоторые бляшки совсем не обладали видимыми участками флуоресценции. Красная флуоресценция в области псориазных высыпаний присутствовала как у пациентов, перенесших UVB фототерапию, так и у пациентов без использования светолечения. Флуоресценция не обнаруживалась и на поверхности видимо здоровой кожи пациентов, страдающих псориазом. Когда чешуйки с поверхности псориазных бляшек помещали пациенту на здоровую кожу без очагов псориаза, красная флуоресценция сохранялась.

Аутофлуоресценция псориазных высыпаний возникает в роговом слое и «отсутствует» в других слоях эпидермиса и дерме. Спектры излучения изолированных участков эпидермиса нормальной на вид кожи пациентов с псориазом показали резкое увеличение флуоресценции в области 475 нм с последующим максимумом около 525 нм и постепенное снижение при более высоких длинах волн.

Микроспектрофлуориметрические ленты-отрывы псориазных бляшек выявили отчетливый пик в области 635 нм, который присутствовал на пленке с псориазными чешуйками и отсутствовал на контрольной ленте без чешуек, что дополнительно подтверждало происхождение флуоресценции от рогового слоя. Лента при отрыве, удаляя роговой слой, увеличивает темп деления эпидермальных клеток. При этом так же увеличивается интенсивность флуоресценции за счет внутриклеточного увеличения триптофана. Поэтому интенсивность флуоресценции при возбуждении на пике 295 нм может использоваться в качестве маркера пролиферации клеток. Наконец, Mopici и соавт. обнаружили [38], что лейкоциты способны вызывать флуоресценцию с максимумами возбуждения в диапазоне на 250–265 нм, что может обеспечить дополнительную помощь в исследовании воспалительных реакций кожи.

Клиническая диагностика в наше время требует больше данных, необходимых для лучшего понимания физиологических процессов на молекулярном уровне и тесного взаимодействия между клиническими научно-исследовательскими группами и практикующими докторами. Аутофлуоресценция клеток и тканей дает информацию о широком разнообразии процессов, включая метаболическую функцию

дыхательной цепи, состояние окислительно-восстановительные системы, существование различных микроорганизмов на поверхности кожи, участие определенных бактерий в заболеваниях, а также наличие злокачественных клеток.

Флуоресцентная спектроскопия имеет большой потенциал как метод диагностики, который может использоваться в различных медицинских специальностях, таких, как дерматология, стоматология и др. Не существует никаких сомнений, что данная методика в ближайшем будущем заменит обычные диагностические инструменты. Следовательно, необходимо продолжать исследования, чтобы ускорить развитие этой инновационной технологии, поскольку она может обеспечить основу для разработки принципов профилактики и лечения различных заболеваний.

Флуоресцентная фотография также может стать полезным инструментом для определения курса лечения акне. Она позволяет осуществлять мониторинг соблюдения пациентом рекомендаций врача по лечению и оценивать его эффективность, предоставляет и сохраняет фотографии для проведения сравнительного анализа динамики заболевания.

#### Библиографический список

1. Fluorescence photography in the evaluation of acne / L.C. Lucchina, N. Kollias, R. Gillies [et al.] // *J. Am. Acad. Dermatol.* 1996. № 35. P. 58–63.
2. Paraskevas L.R., Halpern A.C., Marghoob A.A. Utility of the Wood's light: five cases from a pigmented lesion clinic // *Br. J. Dermatol.* 2005. № 152. P. 1039–1044.
3. Niamtu J. Digitally processed ultraviolet image: a convenient, affordable, reproducible means of illustration ultraviolet clinical examination // *Dermatol. Surg.* 2001. № 27. P. 1039–1042.
4. Zouboulis C. C. Acne and sebaceous gland function // *Clin. Dermatol.* 2004. № 22. P. 360–366.
5. James J.L., McGinley K. J., Foglia A.N. Qualitative and quantitative changes in cutaneous bacteria associated with systemic isotretinoin therapy for acne conglobate // *J. Invest. Dermatol.* 1986. № 86. P. 390–393.
6. Does facial sebum excretion really affect the development of acne? / E. W. Youn, E. S. Park, D. H. Lee [et al.] // *Br. J. Dermatol.* 2005. № 153. P. 919–924.
7. Pande S. Y., Misri R. Sebumeter // *Indian. J. Dermatol. Vener. eol. Lepreol.* // 2005. № 71. P. 444–446.
8. Han B.K., Jung B.J., Nelson J.S., Choi E.H. Analysis of facial sebum distribution using a digital fluorescent imaging system // *J. Biomed. Opt.* 2007. № 12.
9. Liam P. S., Chen T.S., Chung P. C. A fast algorithm for multilevel thresholding // *J. Inf. Sci. Eng.* 2001. № 17. P. 713–727.
10. Eaves G.N. Image processing in the biomedical sciences // *Comput. Biomed. Res.* 1967. № 1. P. 112–123.
11. Taeyoon Son., Byungkwan Han., Byungjo Jung J., Nelson S. Fluorescent image analysis for evaluating the condition of facial sebaceous follicles // *Skin. Res. and Techn.* 2008. № 14. P. 201–207
12. Non-invasive imaging of skin physiology and percutaneous penetration using fluorescence spectral and lifetime imaging with multiphoton and confocal microscopy / S. Michael, B. Roberts, Dancikb Yuri [et al.] // *Eur. J. of Pharma. and Biopharm.* 2011. № 77. P. 469–488/
13. How the conjugation length affects the fluorescence emission efficiency / H. Y. Yamaguchi, Y. Matsubara, D. Ochi [et al.] // *J. Am. Chem. Soc.* 2008. № 130. P. 13867–13869.
14. Kuchibhotla K.V., Lattarulo C.R., Hyman B.T., Bacskai B.J. Synchronous hyperactivity and intercellular calcium waves in astrocytes in Alzheimer mice // *Science.* 2009. № 323. P. 1211–1215.
15. Chorvat D., Chorvatova A. Multi-wavelength fluorescence lifetime spectroscopy: a new approach to the study of endogenous fluorescence in living cells and tissues // *Laser. Phys. Lett.* 2009. № 6. P. 175–193.
16. In vivo multiphoton fluorescence lifetime imaging of protein-bound and free nicotinamide adenine dinucleotide in

- normal and precancerous epithelia / M.C. Skala, K.M. Riching, D.K. Bird [et al.] // *J. Biomed. Opt.* 2007. № 12. P. 346–348.
18. Two-photon fluorescence lifetime imaging of the skin stratum corneum pH gradient / K.M. Hanson, M.J. Behne, N.P. Barry [et al.] // *Biophys. J.* 2003. № 83. P. 1682–1690.
19. In vivo assessment of human skin aging by multiphoton laser scanning tomography / M.J. Koehler, K. Konig, P. Eisner [et al.] // *Opt. Lett.* 2006. № 31. P. 2879–2881.
20. Fluorescence lifetime imaging by time-correlated single-photon counting / W. Becker, A. Bergmann, M.A. Hink [et al.] // *Microsc. Res. Tech.* 2004. № 63. P. 58–66.
21. Becker W., Bergmann A., Biskup C. Multispectral fluorescence lifetime imaging by TCSPC // *Microsc. Res. Tech.* 2007. № 70. P. 403–409.
22. Spectral fluorescence lifetime detection and selective melanin imaging by multiphoton laser tomography for melanoma diagnosis / E. Dimitrow, I. Riemann, A. Ehlers [et al.] // *Exp. Dermatol.* 2009. № 18. P. 509–515.
23. Schweitzer D., Lois N., Forrester J.V. Quantifying fundus autofluorescence // *Fundus Autofluorescence*, Wolters Kluwer, Lippincott Williams & Wilkins. 2009. № 14.
24. Krishnan R., Nordlund T.M. Fluorescence dynamics of three UV-B sunscreens // *J. Fluoresc.* 2008. № 18. P. 203–217.
25. Fluorescence lifetime imaging distinguishes basal cell carcinoma from surrounding uninvolved skin / N.P. Galletly, J. McGinty, C. Dunsby [et al.] // *Brit. J. Dermatol.* 2009. № 159. P. 152–161.
26. Kollner M., Wolfrum J. How many photons are necessary for fluorescence lifetime measurements // *Chem. Phys. Lett.* 1992. № 200. P. 199–204.
27. Digman M.A., Caiola V.R., Zamai M., Gratton E. The phasor approach to fluorescence lifetime imaging analysis // *Biophys. J.* 2008. № 94. P. 14–16.
28. Dynamic imaging of collagen and its modulation in tumors in vivo using second-harmonic generation / E. Brown, T. McKee, E. di Tomaso [et al.] // *Nat. Med.* 2003. № 9. P. 796–800.
29. Laiho L.H., Pelet S., Hancewicz T.M., Kaplan P.D. Two-photon 3-D mapping of ex vivo human skin endogenous fluorescence species based on fluorescence emission spectra // *J. Biomed. Opt.* 2005. № 10.
30. A hyperspectral fluorescence lifetime probe for skin cancer diagnosis / P.A.A. De Beule, C. Dunsby, N.P. Galletly [et al.] // *Rev. Sci. Instrum.* 2007. № 78.
31. Early diagnosis of melanotic melanoma based on laser-induced melanin fluorescence / R. Eichhorn, G. Wessler, M. Scholz [et al.] // *J. Biomed. Opt.* 2009. № 14.
32. Pena A.M., Strupler M., Boulesteix T., Schanne-Klein M.C. Spectroscopic analysis of keratin endogenous signal for skin multiphoton microscopy // *Opt. Exp.* 2005. № 13. P. 6268–6274.
33. Samuel T. Hess, Thanu P. K. Girirajan, Michael D. Ultra-High Resolution Imaging by Fluorescence Photoactivation Localization Microscopy // *Biophys. J.* 2006. Vol. 91 P. 4258–4272
34. Hofmann M., Eggeling C., Jakobs S., Hell S. W. Breaking the diffraction barrier in fluorescence microscopy at low light intensities by using reversibly photoswitchable proteins // *Proc. Natl. Acad. Sci.* 2005. № 102. P. 7565–7569.
35. Laser induced autofluorescence studies of animal skin used in modeling of human cutaneous tissue spectroscopic measurements / Drakaki E., Borisova E., Makropoulou M. [et al.] // *Skin Research and Technology.* 2007. № 13. P. 350–359.
36. Utz Sergei R., Knuschke Peter, Sinichkin Yuri P. In vivo evaluation of sunscreens by spectroscopic methods // *Skin Research and Technology.* 1996. № 2. P. 174–121
37. Tyrrell J., Campbell S., Curnow A. Validation of a non-invasive fluorescence imaging system to monitor dermatological PDT // *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy.* 2010. № 7. P. 86–97
38. Szepietuk G., Pierard-Franchimont C., Quatresooz P., Pierard G.-E. Physico-biological foundation of skin fluorescence // *Review Pathologie Biologie.* 2012. № 60. P. 380–386
39. Romiti R., Schaller M., Jacob K., Plewig G. High-performance liquid chromatography analysis of porphyrins in *Propionibacterium acnes* // *Arch. Dermatol. Res.* 2000. № 292. P. 320–322.
40. Liutkeviciute-Navickiene J., Mordas A., Rutkovskiene L., Blozelyte-Plesniene L. Skin and mucosal fluorescence diagnosis with different light sources // *Eur. J. Dermatol.* 2009. № 19. P. 135–140.
41. Johnsson A., Kjeldstad B., Melo T.B. Fluorescence from pilosebaceous follicles // *Arch. Dermatol. Res.* 1987. № 279. P. 190–193.
42. Szepietuk G., Pierard-Franchimont C., Quatresooz P., Pierard G.E. Comment j'explore la peau par le photodiagnostic utilisant la fluorescence cutanee et son imagerie fonctionnelle // *Rev. Med. Liege.* 2010. № 65. P. 521–526.
43. Recent trends in specular light reflectance beyond clinical fluorescence diagnosis / G. Szepietuk, S. Pierard, C. Pierard-Franchimont [et al.] // *Eur. J. Dermatol.* 2011. № 21. P. 157–61.
44. Induction of a chemoattractive proinflammatory cytokine response after stimulation of keratinocytes with *Propionibacterium acnes* and coproporphyrin III / M. Schaller, M. Loewenstein, C. Borelli [et al.] // *Br. J. Dermatol.* 2005. № 153. P. 66–71.
45. McGinley K. J., Webster G.F., Leyden J.J. Facial follicular porphyrin fluorescence: correlation with age and density of *Propionibacterium acnes* // *Br. J. Dermatol.* 1980. № 102. P. 437–441.
46. Singlet oxygen ( $^1\Delta_g$ ) generation from coproporphyrin in *Propionibacterium acnes* on irradiation / K. Arakane, A. Ryu, C. Hayashi [et al.] // *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 1996. № 223. P. 578–582.
47. Son T., Han B., Jung B., Nelson J.S. Fluorescent image analysis for evaluating the condition of facial sebaceous follicles // *Skin. Res. Technol.* 2008. № 14. P. 201–207.
48. Youn S. W., Kim J. H., Lee J. E., Kim S. O., Park K. C. The facial red fluorescence of ultraviolet photography: is this color due to *Propionibacterium acnes* or the unknown content of secreted sebum? // *Skin. Res. Technol.* 2009. № 15. P. 230–236.
49. Cornelius C.E., Ludwig G.D. Red fluorescence of comedones: production of porphyrins by *Corynebacterium acnes* // *J. Invest. Dermatol.* 1967. № 49. P. 368–370.
50. 5-ALA derivative-mediated photoinactivation of *Propionibacterium acnes* / N. Fotinos, L. Mikulich, M. Convert [et al.] // *J. Dermatol. Sci.* 2009. № 56. P. 214–216.
51. de Leeuw J., van der Beek N., Bjerring P., Martino Neumann H.A. Photodynamic therapy of acne vulgaris using 5-aminolevulinic acid 0.5% liposomal spray and intense pulsed light in combination with topical keratolytic agents // *J. Eur. Acad. Dermatol. Venereol.* 2010. № 24. P. 460–469.
52. Fritsch C., Ruzicka T. Fluorescence diagnosis and photodynamic therapy in dermatology from experimental state to clinic standard methods // *J. Environ. Pathol. Toxicol. Oncol.* 2006. № 25. P. 425–439.
53. Fluorescence diagnosis of face-located basal cell carcinomas: a new dermatological procedure which may help the surgeon / P. Vereecken, C.M. Da Costa, E. Steels [et al.] // *Acta. Chir. Belg.* 2007. № 107. P. 205–207.
54. J.P. Ortonne, G. Gupta, N. Ortonne [et al.] Effectiveness of cross polarized light and fluorescence diagnosis for detection of subclinical and clinical actinic keratosis during imiquimod treatment // *Exp. Dermatol.* 2010. № 19. P. 641–647.
55. Juzeniene A., Peng Q Moan J. Milestones in the development of photodynamic therapy and fluorescence diagnosis // *Photochem. Photobiol. Sci.* 2007. № 6. P. 1234–1245.
56. Andersen P. N., Bjerring P. Non invasive computerized analysis of skin chromophores in vivo by reflectance spectroscopy // *Photodermatol. Photomed.* 1990. Vol. 7. № 6. P. 249–257.
57. Ryatt K.S., Feaser J.W., Dawson J.B., Cotrell J.A. The usefulness to metric measurements during psoralen and ultraviolet A therapy for psoriasis // *J. Am. Acad. Dermatol.* 1985. Vol. 85. P. 558–562.
58. El-Gammal S., Hoffman K., Steiert P. Objective assessment of intra- and intra-individual skin color variability: an analysis of human skin reaction to sun and UVB / ed. by R. Marks, G. Plewig // *The Environmental Threat to the Skin.* 1992. P. 99–115.
59. Kollias N., Baqer A.N. A method for the noninvasive determination of melanin in human skin in vivo // *Biological Effects of UVA Radiation* / ed. by F. Urbach, R.W. Gange. N. Y.: Praeger? 1986. P. 226–230.
60. Leffel D.J., Stetz M.L., Milstone L.M., Deckelbaum L.I. In vivo fluorescence of human skin // *Arch. Dermatol.* 1988. Vol. 124. P. 1514–1518.
61. In vivo fluorescence spectroscopy and imaging of human skin tumors / H. J. C. M. Sterenberg, M. Motamedi, R.F. Wagner [et al.] // *Lasers Med. Sci.* 1994. Vol. 9. P. 344–348.

62. Zeng H., MacAulay C., McLean D. I., Palcic B. Spectroscopic and microscopic characteristics of human skin autofluorescence emission // *Photochem. Photobiol.* 1995. Vol. 61. № 6. P. 639–645.
63. Синичкин Ю.П., Утц С. Р., Меглинский И. В., Пилипенко Е. А. In vivo спектроскопия кожи человека. II: Спектры флуоресценции // *Опт. спектР.* 1996. Т. 80. С. 431–438.
64. Sinichkin Yu. P., Utz S. R., Mavlutov A. H., Pilipenko H. A. In vivo fluorescence spectroscopy of the human skin: experiments and models // *J. Biomed. Opt.* 1998. Vol. 3. P. 201–211.
65. Odetti P. R., Borgoglio A., Rolandi R. Age-related increase of collagen fluorescence in human subcutaneous tissue // *Metabolism.* 1992. Vol. 41, № 6. P. 655–174.
66. Синичкин Ю.П., Утц С. Р., Пилипенко Е.А. In vivo спектроскопия кожи человека. I: Спектры отражения // *Опт. спектР.* 1996. Т. 80. С. 260–267.
67. Utz S. R., Barth J., Knuschke P., Sinichkin Yu. P. Fluorescence spectroscopy of human skin // *Proc. SPIE.* 1993. Vol. 2081. P. 48–57.
68. Konig K., Ruck A., Schenckenburger H. Fluorescence detection and photodynamic activity of endogenous protoporphyrin in human skin // *Opt. Eng.* 1992. Vol. 31, № 7. P. 1470–1474.
69. Utz S. R., Sinichkin Yu. P., Meglinsky I. V., Pilipenko H. A. Fluorescence spectroscopy in combination with reflectance measurements in human skin examination: what for and how // *Proc. SPIE.* 1994. Vol. 2324. P. 125–136.
70. Zeng H., MacAulay C., McLean D. I., Palcic B. Spectroscopic and microscopic characteristics of human skin autofluorescence emission // *Proc. SPIE.* 1995. Vol. 2324. P. 198–207.
71. Anderson R. R. Polarized light examination and photography of the skin // *Arch. Dermatol.* 1991. Vol. 127. P. 1000–1005.
72. waves in astrocytes in Alzheimer mice // *Science.* 2009. № 323. R. 1211–1215.
73. Chorvat D., Chorvatova A. Multi-wavelength fluorescence lifetime spectroscopy: a new approach to the study of endogenous fluorescence in living cells and tissues // *Laser. Phys. Lett.* 2009. № 6. R. 175–193.
74. In vivo multiphoton fluorescence lifetime imaging of protein-bound and free nicotinamide adenine dinucleotide in normal and precancerous epithelia / M. C. Skala, K. M. Ricking, D. K. Bird [et al.] // *J. Biomed. Opt.* 2007. № 12. R. 346–348.
75. Two-photon fluorescence lifetime imaging of the skin stratum corneum pH gradient / K. M. Hanson, M. J. Behne, N. P. Barry [et al.] // *Biophys. J.* 2003. № 83. R. 1682–1690.
76. In vivo assessment of human skin aging by multiphoton laser scanning tomography / M. J. Koehler, K. Konig, P. Eisner [et al.] // *Opt. Lett.* 2006. № 31. R. 2879–2881.
77. Fluorescence lifetime imaging by time-correlated single-photon counting / W. Becker, A. Bergmann, M. A. Hink [et al.] // *Microsc. Res. Tech.* 2004. № 63. R. 58–66.
78. Becker W., Bergmann A., Biskup C. Multispectral fluorescence lifetime imaging by TCSPC // *Microsc. Res. Tech.* 2007. № 70. P. 403–409.
79. Spectral fluorescence lifetime detection and selective melanin imaging by multiphoton laser tomography for melanoma diagnosis / E. Dimitrov, I. Riemann, A. Ehlers [et al.] // *Exp. Dermatol.* 2009. № 18. R. 509–515.
80. Schweitzer D., Lois N., Forrester J. V. Quantifying fundus autofluorescence // *Fundus Autofluorescence*, Wolters Kluwer, Lippincott Williams & Wilkins. 2009. № 14.
81. Krishnan R., Nordlund T. M. Fluorescence dynamics of three UV-B sunscreens // *J. Fluoresc.* 2008. № 18. R. 203–217.
82. Fluorescence lifetime imaging distinguishes basal cell carcinoma from surrounding uninvolved skin / N. P. Galletly, J. McGinty, C. Dunsby [et al.] // *Brit. J. Dermatol.* 2009. № 159. R. 152–161.
83. Kollner M., Wolfrum J. How many photons are necessary for fluorescence lifetime measurements // *Chem. Phys. Lett.* 1992. № 200. R. 199–204.
84. Digman M. A., Caiolfa V. R., Zamai M., Gratton E. The phasor approach to fluorescence lifetime imaging analysis // *Biophys. J.* 2008. № 94. R. 14–16.
85. Dynamic imaging of collagen and its modulation in tumors in vivo using second-harmonic generation / E. Brown, T. McKee, E. di Tomaso [et al.] // *Nat. Med.* 2003. № 9. R. 796–800.
86. Laiho L. H., Pelet S., Hancewicz T. M., Kaplan P. D. Two-photon 3-D mapping of ex vivo human skin endogenous fluorescence species based on fluorescence emission spectra // *J. Biomed. Opt.* 2005. № 10.
87. A hyperspectral fluorescence lifetime probe for skin cancer diagnosis / P. A. A. De Beule, C. Dunsby, N. P. Galletly [et al.] // *Rev. Sci. Instrum.* 2007. № 78.
88. Early diagnosis of melanotic melanoma based on laser-induced melanin fluorescence / R. Eichhorn, G. Wessler, M. Scholz [et al.] // *J. Biomed. Opt.* 2009. № 14.
89. Pena A. M., Strupler M., Boulesteix T., Schanne-Klein M. C. Spectroscopic analysis of keratin endogenous signal for skin multiphoton microscopy // *Opt. Exp.* 2005. № 13. R. 6268–6274.
90. Samuel T. Hess, Thanu P. K. Girirajan, Michael D. Ultra-High Resolution Imaging by Fluorescence Photoactivation Localization Microscopy // *Biophys. J.* 2006. Vol. 91 P. 4258–4272
91. Hofmann M., Eggeling S., Jakobs S., Hell S. W. Breaking the diffraction barrier in fluorescence microscopy at low light intensities by using reversibly photoswitchable proteins // *Proc. Natl. Acad. Sci.* 2005. № 102. R. 7565–7569.
92. Laser induced autofluorescence studies of animal skin used in modeling of human cutaneous tissue spectroscopic measurements / Drakaki E., Borisova E., Makropoulou M. [et al.] // *Skin Research and Technology.* 2007. № 13. R. 350–359.
93. Utz S. R., Knuschke P., Sinichkin Y. P. In vivo evaluation of sunscreens by spectroscopic methods // *Skin Research and Technology.* 1996. № 2. R. 174–121
94. Tyrrell J., Campbell S., Curnow A. Validation of a non-invasive fluorescence imaging system to monitor dermatological PDT // *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy.* 2010. № 7. R. 86–97
95. Szeptetiuk G., Pierard-Franchimont C., Quatresooz P., Pierard G.-E. Physico-biological foundation of skin fluorescence // *Review Pathologie Biologie.* 2012. № 60. R. 380–386

### Translit

1. Fluorescence photography in the evaluation of acne / L. C. Lucchina, N. Kollias, R. Gillies [et al.] // *J. Am. Acad. Dermatol.* 1996. № 35. P. 58–63.
2. Paraskevas L. R., Halpern A. C., Marghoob A. A. Utility of the Wood's light: five cases from a pigmented lesion clinic // *Br. J. Dermatol.* 2005. № 152. R. 1039–1044.
3. Niamtu J. Digitally processed ultraviolet image: a convenient, affordable, reproducible means of illustration ultraviolet clinical examination // *Dermatol. Surg.* 2001. № 27. R. 1039–1042.
4. Zouboulis C. C. Acne and sebaceous gland function // *Clin. Dermatol.* 2004. № 22. R. 360–366.
5. James J. L., McGinley K. J., Foglia A. N. Qualitative and quantitative changes in cutaneous bacteria associated with systemic isotretinoin therapy for acne conglobate // *J. Invest. Dermatol.* 1986. № 86. R. 390–393.
6. Does facial sebum excretion really affect the development of acne? / E. W. Youn, E. S. Park, D. H. Lee [et al.] // *Br. J. Dermatol.* 2005. № 153. R. 919–924.
7. Pande S. Y., Misri R. Sebumeter // *Indian. J. Dermatol. Vener. eol. Lepreol.* // 2005. № 71. R. 444–446.
8. Han B. K., Jung B. J., Nelson J. S., Choi E. H. Analysis of facial sebum distribution using a digital fluorescent imaging system // *J. Biomed. Opt.* 2007. № 12.
9. Liam P. S., Chen T. S., Chung P. C. A fast algorithm for multilevel thresholding // *J. Inf. Sci. Eng.* 2001. № 17. R. 713–727.
10. Eaves G. N. Image processing in the biomedical sciences // *Comput. Biomed. Res.* 1967. № 1. R. 112–123.
11. Taeyoon Son., Byungkwan Han., Byungjo Jung J., Nelson S. Fluorescent image analysis for evaluating the condition of facial sebaceous follicles // *Skin. Res. and Techn.* 2008. № 14. R. 201–207
12. Non-invasive imaging of skin physiology and percutaneous penetration using fluorescence spectral and lifetime imaging with multiphoton and confocal microscopy / S. Michael, B. Roberts, Dancikb Yuri [et al.] // *Eur. J. of Pharma. and Biopharm.* 2011. № 77. R. 469–488/
13. How the conjugation length affects the fluorescence emission efficiency / N. Y. Yamaguchi, Y. Matsubara, D. Ochi [et al.] // *J. Am. Chem. Soc.* 2008. № 130. R. 13867–13869.
14. Kuchibhotla K. V., Lattarulo C. R., Hyman B. T., Bacskai B. J. Synchronous hyperactivity and intercellular calcium

39. Romiti R., Schaller M., Jacob K., Plewig G. High-performance liquid chromatography analysis of porphyrins in *Propionibacterium acnes* // Arch. Dermatol. Res. 2000. № 292. R. 320–322.
40. Liutkeviciute-Navickiene J., Mordas A., Rutkovskiene L., Bloznelyte-Plesniene L. Skin and mucosal fluorescence diagnosis with different light sources // Eur. J. Dermatol. 2009. № 19. R. 135–140.
41. Johnsson A., Kjeldstad B., Melo T.V. Fluorescence from pilosebaceous follicles // Arch. Dermatol. Res. 1987. № 279. P. 190–193.
42. Szepietuk G., Pierard-Franchimont C., Quatresooz P., Pierard G.E. Comment j'explore la peau par le photodiagnostic utilisant la fluorescence cutanee et son imagerie fonctionnelle // Rev. Med. Liege. 2010. № 65. R. 521–526.
43. Recent trends in specular light reflectance beyond clinical fluorescence diagnosis / G. Szepietuk, S. Pierard, C. Pierard-Franchimont [et al.] // Eur. J. Dermatol. 2011. № 21. R. 157–61.
44. Induction of a chemoattractive proinflammatory cytokine response after stimulation of keratinocytes with *Propionibacterium acnes* and coproporphyrin III / M. Schaller, M. Loewenstein, C. Borelli [et al.] // Br. J. Dermatol. 2005. № 153. R. 66–71.
45. McGinley K. J., Webster G.F., Leyden J.J. Facial follicular porphyrin fluorescence: correlation with age and density of *Propionibacterium acnes* // Br. J. Dermatol. 1980. № 102. R. 437–441.
46. Singlet oxygen ( $^1\Delta_g$ ) generation from coproporphyrin in *Propionibacterium acnes* on irradiation / K. Arakane, A. Ryu, C. Hayashi [et al.] // Biochem. Biophys. Res. Commun. 1996. № 223. R. 578–582.
47. Son T., Han B., Jung B., Nelson J.S. Fluorescent image analysis for evaluating the condition of facial sebaceous follicles // Skin. Res. Technol. 2008. № 14. R. 201–207.
48. Youn S. W., Kim J. H., Lee J. E., Kim S. O., Park K. S. The facial red fluorescence of ultraviolet photography: is this color due to *Propionibacterium acnes* or the unknown content of secreted sebum? // Skin. Res. Technol. 2009. № 15. R. 230–236.
49. Cornelius C.E., Ludwig G.D. Red fluorescence of comedones: production of porphyrins by *Corynebacterium acnes* // J. Invest. Dermatol. 1967. № 49. R. 368–370.
50. 5-ALA derivative-mediated photoinactivation of *Propionibacterium acnes* / N. Fotinos, L. Mikulich, M. Convert [et al.] // J. Dermatol. Sci. 2009. № 56. R. 214–216.
51. de Leeuw J., van der Beek N., Bjerring P., Martino Neumann H.A. Photodynamic therapy of acne vulgaris using 5-aminolevulinic acid 0.5% liposomal spray and intense pulsed light in combination with topical keratolytic agents // J. Eur. Acad. Dermatol. Venereol. 2010. № 24. R. 460–469.
52. Fritsch C., Ruzicka T. Fluorescence diagnosis and photodynamic therapy in dermatology from experimental state to clinic standard methods // J. Environ. Pathol. Toxicol. Oncol. 2006. № 25. R. 425–439.
53. Fluorescence diagnosis of face-located basal cell carcinomas: a new dermatological procedure which may help the surgeon / P. Vereecken, C.M. Da Costa, E. Steels [et al.] // Acta. Chir. Belg. 2007. № 107. R. 205–207.
54. J.P. Ortonne, G. Gupta, N. Ortonne [et al.] Effectiveness of cross polarized light and fluorescence diagnosis for detection of subclinical and clinical actinic keratosis during imiquimod treatment // Exp. Dermatol. 2010. № 19. R. 641–647.
55. Juzeniene A., Peng Q Moan J. Milestones in the development of photodynamic therapy and fluorescence diagnosis // Photochem. Photobiol. Sci. 2007. № 6. R. 1234–1245.
56. Andersen P. N., Bjerring P. Non invasive computerized analysis of skin chromophores in vivo by reflectance spectroscopy // Photodermatol. Photomed. 1990. Vol. 7. № 6. P. 249–257.
57. Ryatt K. S., Feaser J. W., Dawson J. B., Cotrell J. A. The usefulness to metric measurements during psoralen and ultraviolet A therapy for psoriasis // J. Am. Acad. Dermatol. 1985. Vol. 85. P. 558–562.
58. El-Gammal S., Hoffman K., Steiert P. Objective assessment of intra- and intra-individual skin color variability: an analysis of human skin reaction to sun and UVB / ed. by R. Marks, G. Plewig // The Environmental Threat to the Skin. 1992. R. 99–115.
59. Kollias N., Baqer A.N. A method for the noninvasive determination of melanin in human skin in vivo // Biological Effects of UVA Radiation / ed. by F. Urbach, R.W. Gange. N. Y.: Praeger? 1986. P. 226–230.
60. Leffel D. J., Stetz M. L., Milstone L. M., Deckelbaum L. I. In vivo fluorescence of human skin // Arch. Dermatol. 1988. Vol. 124. P. 1514–1518.
61. In vivo fluorescence spectroscopy and imaging of human skin tumors / H. J. C. M. Sterenborg, M. Motamedi, R. F. Wagner [et al.] // Lasers Med. Sci. 1994. Vol. 9. P. 344–348.
62. Zeng H., MacAulay C., McLean D. I., Palcic B. Spectroscopic and microscopic characteristics of human skin autofluorescence emission // Photochem. Photobiol. 1995. Vol. 61. № 6. P. 639–645.
63. Sinichkin Ju. P., Utc S. R., Meglinskij I. V., Pilipenko E. A. In vivo spektroskopija kozhi cheloveka. II: Spektry fluorescencii // Opt. spektr. 1996. T. 80. S. 431–438.
64. Sinichkin Yu. P., Utc S. R., Mavlutov A. H., Pilipenko H. A. In vivo fluorescence spectroscopy of the human skin: experiments and models // J. Biomed. Opt. 1998. Vol. 3. P. 201–211.
65. Odetti P. R., Borgoglio A., Rolandi R. Age-related increase of collagen fluorescence in human subcutaneous tissue // Metabolism. 1992. Vol. 41, № 6. P. 655–174.
66. Sinichkin Ju. P., Utc S. R., Pilipenko E. A. In vivo spektroskopija kozhi cheloveka. I: Spektry otrazhenija // Opt. spektr. 1996. T. 80. S. 260–267.
67. Utc S. R., Barth J., Knuschke P., Sinichkin Yu. P. Fluorescence spectroscopy of human skin // Proc. SPIE. 1993. Vol. 2081. P. 48–57.
68. Konig K., Ruck A., Schenckenburger H. Fluorescence detection and photodynamic activity of endogenous protoporphyrin in human skin // Opt. Eng. 1992. Vol. 31, № 7. P. 1470–1474.
69. Utc S. R., Sinichkin Yu. P., Meglinsky I. V., Pilipenko H. A. Fluorescence spectroscopy in combination with reflectance measurements in human skin examination: what for and how // Proc. SPIE. 1994. Vol. 2324. P. 125–136.
70. Zeng H., MacAulay C., McLean D. I., Palcic B. Spectroscopic and microscopic characteristics of human skin autofluorescence emission // Proc. SPIE. 1995. Vol. 2324. P. 198–207.
71. Anderson R.R. Polarized light examination and photography of the skin // Arch. Dermatol. 1991. Vol. 127. P. 1000–1005.

УДК: 616.517

Обзор

## ПРИМЕНЕНИЕ ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ СПЕКТРА А, ПРОШЕДШЕГО ФИЛЬТРАЦИЮ ЧЕРЕЗ ВОДУ (PHOTO DYN 750) В ЛЕЧЕНИИ АКНЕ (ОБЗОР)

**И. О. Каткова** — ГБОУ ВПО Саратовский ГМУ им. В. И. Разумовского Минздрава России, кафедра кожных и венерических болезней, ассистент; **А. Л. Бакулев** — ГБОУ ВПО Саратовский ГМУ им. В. И. Разумовского Минздрава России, профессор кафедры кожных и венерических болезней, доктор медицинских наук; **А. Ю. Епифанова** — ГБОУ ВПО Саратовский ГМУ им. В. И. Разумовского Минздрава России, кафедра кожных и венерических болезней, ассистент; **К. А. Куляев** — ГБОУ ВПО Саратовский ГМУ им. В. И. Разумовского Минздрава России, кафедра кожных и венерических болезней; **В. А. Даевян** — клиника кожных и венерических болезней, врач; **Н. Н. Колпакова** — клиника кожных и венерических болезней, врач.