

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ЭКСИМЕРНОЙ ЛАМПЫ, ОСНАЩЁННОЙ СИСТЕМОЙ КОНТРОЛЯ UVB ДОЗЫ, В ДЕРМАТОЛОГИИ

Д.В. Шитц¹, И.Е. Торшина², Н.В. Некрасова³, Т.М. Бусько²

¹Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград, Россия

²Смоленский государственный медицинский университет, Смоленск, Россия

³ГБУЗ «Центр специализированных видов медицинской помощи Калининградской области», Калининград, Россия

Резюме

UVB терапия считается относительно безопасным способом лечения кожных заболеваний с аутоиммунным компонентом в развитии в сравнении с медикаментозными методами, включая PUVA терапию. Это обусловлено малой глубиной проникновения лучей данного диапазона длин волн в кожный покров, что обеспечивает сугубо локальное воздействие на организм человека. Эксимерные лампы являются альтернативой дорогостоящему эксимерному лазеру при фототерапии псориаза и витилиго. Однако для эффективной фототерапии с использованием UVB ламп необходимо учитывать расстояние от излучателя до кожи пациента. В данной работе сообщается о лечении больных с использованием эксимерной лампы, блок управления которой снабжён оптической системой контроля дозы ультрафиолетового излучения, что позволяет автоматически производить расчёт времени сеанса для заданной UVB дозы. В статье приведено описание результатов фотолечения с использованием эксимерной лампы нескольких случаев псориаза, витилиго и других форм дерматитов с хорошим терапевтическим и косметическим эффектом. При использовании эксимерной лампы не установлено ни одного случая обострения дерматологических заболеваний.

Ключевые слова: псориаз, витилиго, атопический дерматит, фототерапия, UVB, эксимерная лампа, доза ультрафиолетового излучения

Для цитирования: Шитц Д.В., Торшина И.Е., Некрасова Н.В., Бусько Т.М. Опыт применения эксимерной лампы, оснащённой системой контроля UVB дозы, в дерматологии//Biomedical Photonics.– 2020.– Т. 9, № 1.– С. 21–26. doi: 10.24931/2413–9432–2020–9–1–21–26

Контакты: Шитц Д.В., e-mail: DSchitz@kantiana.ru

EXPERIENCE OF USING AN EXCIMER LAMP EQUIPPED WITH UVB DOSE CONTROL SYSTEM IN DERMATOLOGY

Schitz D.V.¹, Torshina I.E.², Nekrasova N.V.³, Busko T.M.²

¹Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia

²Smolensk State Medical University, Smolensk, Russia

³Center for specialized types of medical care in the Kaliningrad region, Kaliningrad, Russia

Abstract

Intermediate ultraviolet (UVB) therapy is considered a relatively safe method of treating skin diseases with an autoimmune component in development compared to medical drug methods, including PUVA therapy. This is due to the small depth of penetration of the rays of this wavelength range into skin, which provides a purely local effect on the human body. Excimer lamps are an alternative to the expensive excimer laser for phototherapy of psoriasis or vitiligo. However, for effective phototherapy using UVB lamps, the distance from an emitter to a patient's skin must be considered. In this paper, we report on treatment of patients using an excimer lamp, the control unit of which is equipped with an optical system for controlling of ultraviolet radiation dose, which allows automatically calculating the time for a set UVB dose. The article describes the results of phototherapy using an excimer lamp of several cases of psoriasis, vitiligo and other forms of dermatitis with a good therapeutic and cosmetic effect. When using an excimer lamp, not a single case of exacerbation of dermatological diseases was established.

Keywords: psoriasis, vitiligo, atopic dermatitis, phototherapy, UVB, excimer lamp, UV dose

For citations: Schitz D.V., Torshina I.E., Nekrasova N.V., Busko T.M. Experience of using an excimer lamp equipped with UVB dose control system in dermatology, *Biomedical Photonics*, 2020, vol. 9, no. 1, pp. 21–26. (in Russian) doi: 10.24931/2413–9432–2020–9–1–21–26

Contacts: Schitz D.V., e-mail: DSchitz@kantiana.ru

Введение

В современной медицине при комплексном лечении и профилактике рецидивирования иммунозависимых дерматологических заболеваний традиционно используют медикаментозные иммунокорректирующие препараты. Хронический персистирующий характер дерматозов с иммунным компонентом в патогенезе требует длительного применения этой группы лекарственных средств. Однако, с учётом необходимости пожизненного их использования, имеется высокий риск развития широкого спектра побочных действий и синдрома толерантности к принимаемому препарату [1], поэтому на сегодняшний день ультрафиолетовая физиотерапия кожных заболеваний считается самым безопасным и популярным методом лечения различных форм псориаза [2], витилиго [3] и других форм дерматозов.

Экспериментальные исследования, проведённые в начале 80-х гг. прошлого века, показали высокую эффективность фототерапии с использованием ультрафиолетовых лучей UVB диапазона (280–315 нм) [4]. Было доказано, что лучи с длиной волны более 315 нм (UVA) малоэффективны при лечении псориаза, а коротковолновое излучение UVC диапазона вызывает мутации и является канцерогенным, поскольку в него попадают полосы поглощения ДНК и РНК [5]. UVB терапия является относительно безопасным методом лечения, благодаря минимальному воздействию излучения на организм человека. Лучи этого диапазона длин волн полностью рассеиваются в эпидермисе [6], инициируя фотобиологические реакции, способствующие оздоровлению кожного покрова [7].

Наряду со спектральным составом ультрафиолетового излучения важным параметром в процессе фототерапии, оказывающим значительное влияние на эффективность лечения, является уровень дозы ультрафиолета при облучении кожи пациента [8]. Оптимальной с точки зрения эффективности и безопасности фототерапии при лечении псориаза и/или витилиго, как правило, считается значение минимальной эритемной дозы (МЭД), определяющее уровень чувствительности кожи пациента к UVB излучению. Для определения МЭД пациента существует известная методика, описанная в работе P. Asawanonda et al. [8]. При использовании UVB дозы менее МЭД фотолечение может быть малоэффективным, а облучение кожи дозой уровня, превышающего МЭД, приведёт к ожогу кожи пациента, что может спровоцировать обострение болезни [9].

В качестве источника UVB излучения часто используют эксимерные лазеры, способные генерировать когерентное и направленное излучение на длине волны 308 нм. Лазерное излучение, продуцируемое за счёт распада эксиплексной XeCl^* -молекулы, имеет стабильные спектрально-энергетические характеристики и легко дозируется, поэтому эксимерные лазе-

ры традиционно используются в дерматологии [10]. К недостаткам XeCl -лазера относятся большие габариты и масса устройства, малая площадь излучающей поверхности, необходимость сервисного обслуживания и высокая цена установки, кроме того, газовая смесь лазера содержит опасную дозу хлора.

Для фототерапии обширных зон дерматологических заболеваний часто используют люминесцентные ртутные лампы низкого давления, излучающие узкополосный ультрафиолет с пиком полосы около 311 нм. Конфигурация UVB излучателей на основе таких ламп разнообразна: от портативных ламп для домашнего использования до ультрафиолетовых кабин. Однако ртутные UVB лампы характеризуются сильной зависимостью интенсивности излучения от температуры стенок кварцевой колбы и существенным спадом мощности излучения при относительно коротком сроке службы (не более 1 500 ч) [11], что существенно влияет на точность расчёта UVB дозы при их использовании.

Газовая рабочая смесь эксимерных ламп не содержит пары металлов, поэтому температура стенок колбы таких ламп мало влияет на их мощность излучения [12], а использование безэлектродной системы [13] эксимерной лампы может обеспечить срок службы излучателя более 8 000 ч [14]. Таким образом, эксимерные лампы не нуждаются в прогреве перед использованием и характеризуются высокой стабильностью ультрафиолетового излучения.

К сожалению, применение полупроводниковых светодиодов, разработанных для UVB фототерапии (UVB LED), не распространено широко, поскольку существуют проблемы быстрого спада мощности таких светодиодов и снижения эффективности работы полупроводникового прибора [15].

В отличие от лазера все лампы, разработанные для UVB терапии, имеют существенный спад интенсивности излучения при увеличении дистанции от излучателя до облучаемой поверхности, и для расчёта UVB дозы, получаемой пациентом в течение сеанса фототерапии, необходимо учитывать значение дистанции до кожи пациента. Очевидно, что точность определения и неизменность дистанции будет влиять на значение UVB дозы и эффективность лечения в целом.

Материалы и методы

Проведено лечение 91 пациента с зимней формой вульгарного (бляшечного) псориаза, из них 24 больных с I–III фототипами кожи (по Фитцпатрику), с витилиго – 55, с атопическим дерматитом – 12. Лечение проведено после получения от пациентов информированного согласия на лечение.

Всем больным лечение проведено с помощью эксимерной лампы [16], разработанной в Лаборатории оптических излучений Балтийского федерального

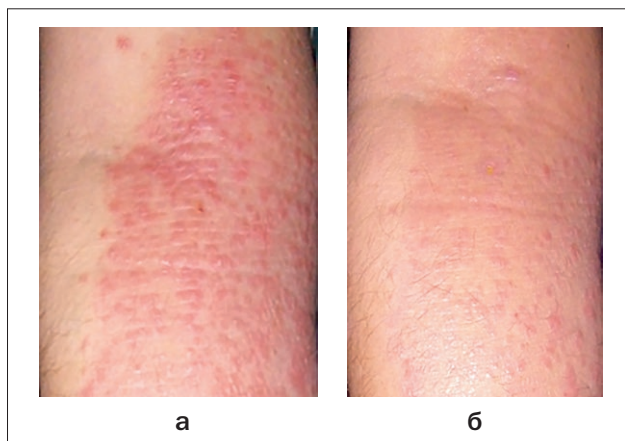


Рис. 1. Очаг псориаза на правой сгибательной внутренней поверхности верхней конечности:

а – до лечения;

б – после 6-го сеанса фототерапии

Fig. 1. Right bending inner surface of an upper limb:

а – before the treatment;

б – after the 6th session of phototherapy

университета им.И. Канта, где в качестве источника UVB лучей использовались два ХеСІ излучателя на основе барьерного разряда [17]. Отличительной особенностью данного прибора является возможность автоматически бесконтактным способом выполнять полный контроль уровня дозы ультрафиолетового излучения, получаемой пациентом.

Результаты

Результаты лечения больных псориазом

В группе пациентов с псориазом было 24 больных: 13 (54,2%) мужчин и 11 (44,8%) женщин. Средний возраст больных был равен 34 годам (от 21 до 48 лет).

Длительность заболевания псориазом составила от 1 года до 19 лет. Все пациенты получали терапию в амбулаторных условиях в соответствии с описанной методикой. Начальная UVB доза составляла от 0,1 до 0,3 Дж/см². Курс лечения включал 12 сеансов, проводимых через равные временные промежутки 3 раза в неделю: понедельник, среда, пятница или вторник, четверг, суббота. Каждую последующую дозу сеанса терапии увеличивали на 0,1 Дж/см², достигая дозы финального облучения в пределах 1,2–1,4 Дж/см². Положительные результаты в виде уплотнения бляшек и снижения активности воспаления наблюдали с 6-го сеанса терапии. Стойкий эффект, выражавшийся в сохранении стационарной стадии псориаза, сохранялся у всех пациентов в течение 8 мес наблюдения после завершения терапии.

Клиническое наблюдение № 1. Мужчина 54 лет. Диагноз: бляшечный псориаз. Значение индекса PASI до начала терапии составляло 18 (рис. 1а). После завершающего сеанса терапии эксимерной лампой объективно у больного было отмечено уменьшение эритемы, уплотнение бляшек и разрешение шелушения на их поверхности (рис. 1б). Значение индекса PASI составило 8. Наблюдение за больным в течение последующих 6 мес не выявило признаков рецидивирования псориаза: в бывших местах высыпаний сохранялась лёгкая дисхромия.

Клиническое наблюдение № 2. Мужчина 48 лет. Диагноз: псориаз обыкновенный, распространённая форма, прогрессирующая стадия. Анамнез заболевания: страдает псориазом в течение 20 лет, долгое время ежегодно получал узкополосную фототерапию на аппарате UV 1000 KL (Herbert Waldmann GmbH & Co, Германия) при длине волны 311 нм с временным



Рис. 2. Очаг псориаза на левой наружной поверхности верхней конечности:

а – до лечения;

б – после 12-го сеанса фототерапии

Fig. 2. Left outer surface of the upper limb:

а – before the treatment;

б – after the 12th session of phototherapy

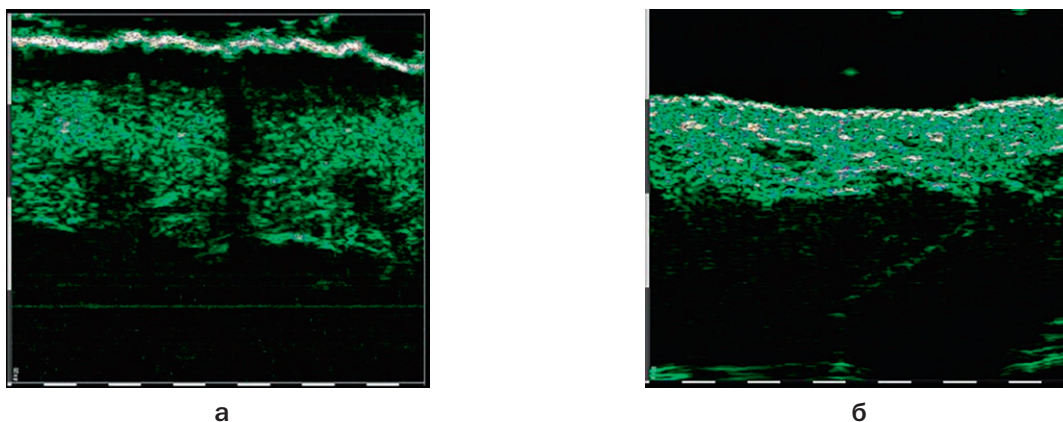


Рис. 3. Данные ультразвукового исследования псориатической бляшки:

а – до лечения;

б – спустя 1 мес после начала лечения

Fig. 3. Left outer surface of the upper limb:

а – before the treatment;

б – a month after the start of the treatment

эффектом. Получал лечение апремиластом в течение 1 года, без эффекта. Клиническая картина: процесс носит распространённый характер, на коже нижних конечностей и в области голени имеются множественные плоские папулезные элементы розово-красного цвета, величиной от булавочной головки до мелкой монеты, инфильтрированные, плотноватой консистенции, возвышающиеся над уровнем здоровой кожи, склонные к слиянию и периферическому росту, сгруппированные в бляшки (рис. 2а). Папулы обильно покрыты легко отделяющимися чешуйками серебристо-белого цвета. Изоморфная реакция и триада псориатических симптомов положительные.

После завершения серии сеансов облучений эксимерной лампой объективно у больного было отмечено значительное уплощение бляшек и разрешение шелушения на их поверхности (рис. 2б).

На рис. 3 показаны результаты ультразвукового исследования псориатической бляшки пациента до и через 1 мес после начала лечения. Исследования проводили с помощью аппарата DUB SkinScanner (Taberna pro medicum GmbH, Германия).

Результаты лечения больных витилиго

Вторая группа больных, включенных в исследование, была представлена 55 пациентами с витилиго, из них 28 (51%) мужчин и 27 (49%) женщин. Средний возраст больных соответствовал 33 годам (от 14 до 62 лет). Длительность заболевания составила от 8 мес до 12 лет. Все пациенты получили терапию в амбулаторных условиях. Сеансы проводили 3 раза в неделю с минимальной, индивидуально установленной экспозицией облучения. Начальная UVB доза

составляла от 0,2 до 0,5 Дж/см². Дозу каждого последующего сеанса терапии увеличивали на 0,1 Дж/см² таким образом, что доза заключительного сеанса облучения находилась в пределах 1,7–2,0 Дж/см². Общее количество сеансов было индивидуальным и не превышало 16. Сеансы проводили через равные временные промежутки 3 раза в неделю: понедельник, среда, пятница или вторник, четверг, суббота. Активная репигментация очагов витилиго начиналась у преобладающего числа больных с 4-го сеанса. Дальнейшее наблюдение за больными с витилиго показало стойкий положительный эффект, сохранявшийся в течение 12 мес.

Клиническое наблюдение № 3. Женщина 45 лет. Диагноз: витилиго. Анамнез заболевания: болеет в течение 20 лет. Лечение не получала. Клиническая картина: на коже верхних и нижних конечностей, в области предплечий и голени, имеются множественные депигментированные пятна молочно-белого цвета, неправильной формы с чёткими границами, склонные к периферическому росту и слиянию.

После завершения серии сеансов UVB терапии эксимерной лампой объективно у больной была отмечена значительная репигментация очагов поражения.

Результаты лечения больных атопическим дерматитом

Третью группу наблюдения составили 12 пациентов с атопическим дерматитом, из них 5 (42%) мужчин и 7 (58%) женщин. Средний возраст больных был равен 17 годам (от 12 до 26 лет). Длительность заболевания составила от года до 26 лет. Начальная

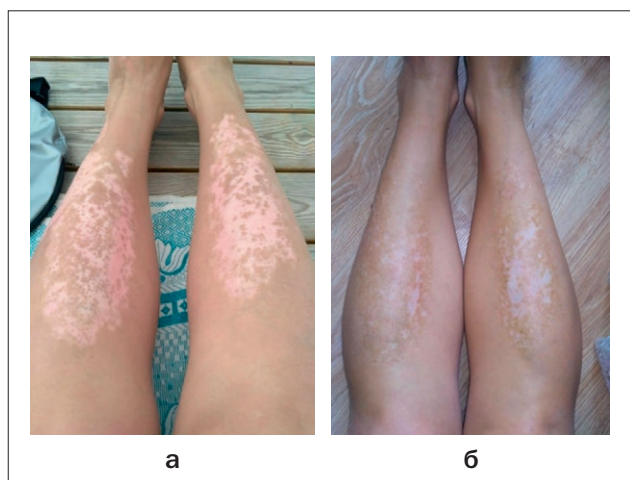


Рис. 4. Очаги витилиго на голенях:

а – до лечения;

б – после 15-го сеанса фототерапии

Fig. 4. Lower legs of a patient:

а – before the treatment;

б – after the 15th session of phototherapy

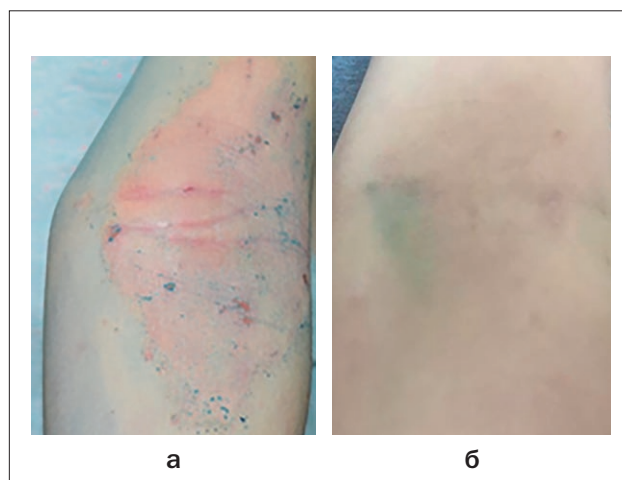


Рис. 5. Атопический дерматит на сгибательной стороне локтевого сустава:

а – до лечения;

б – после 10-го сеанса фототерапии

Fig. 5. Bending side of an elbow joint:

а – before the treatment;

б – after the 10th session of phototherapy

UVB доза для больных атопическим дерматитом составила от 0,1 до 0,2 Дж/см². Пациенты получали 10 сеансов терапии, которые проводились через равные временные промежутки 3 раза в неделю: понедельник, среда, пятница или вторник, четверг, суббота. Каждую последующую дозу терапии увеличивали на 0,1 Дж/см², доводя дозу последнего сеанса облучения до 1,0–1,1 Дж/см². Положительный эффект в виде сглаживания лихенизированных очагов наблюдался с 4–5-го сеансов облучения. Наблюдение за больными в течение года после завершения терапии не выявило эпизодов обострения дерматоза.

Клиническое наблюдение № 4. Девочка 13 лет. Диагноз: атопический дерматит, стадия обострения. Анамнез заболевания: атопический дерматит с раннего детства, обострения 2 раза в год в осенне-весенний период. Последнее обострение в течение 1,5 мес. Клиническая картина: процесс носит распространённый характер, на коже лица, шеи, верхних и нижних конечностей, туловища имеются множественные эритематозные, эритемо-папулёзные очаги красного цвета с нечёткими границами, симметричные, склонные к слиянию. На фоне эритемы имеются эрозии, покрытые серозными корочками (рис. 5а).

Выражены проявления лихенификации (кожа грубая на ощупь, утолщена, шелушится, кожный рисунок усилен). Имеются множественные экскориации. Дермографизм в очагах белый.

Результат лечения: снят воспалительный процесс, уменьшение шелушения, зуда, сухости кожного покрова (рис. 5б).

Заключение

Лечение пациентов с аутоиммунными кожными заболеваниями методом UVB терапии с использованием прибора с функцией автоматического выполнения контроля уровня дозы ультрафиолетового излучения, получаемой пациентом, является безопасным и эффективным. Нами не установлено ни одного случая обострения дерматологических заболеваний при использовании применяемой методики.

Короткий интервал проведения процедуры (от 10 сек до нескольких минут) позволяет активно использовать прибор в амбулаторных условиях у большого числа больных и характеризует метод применения эксимерной лампы, оснащённой системой контроля UVB дозы, как высоко рентабельный и экономически выгодный с учётом себестоимости процедуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Griffiths C.E.M., van de Kerkhof P., Czarnecka-Operacz M. Psoriasis and atopic dermatitis//*Dermatol Ther (Heidelb)*.– 2017.– Vol. 7, Suppl. 1.– P. 31–41. doi: 10.1007/s13555–016–0167–9
2. Abrouk M., Levin E., Brodsky M., et al. Excimer laser for the treatment of psoriasis: safety, efficacy, and patient acceptabil-

REFERENCES

1. Griffiths C.E.M., van de Kerkhof P., Czarnecka-Operacz M. Psoriasis and atopic dermatitis, *Dermatol Ther (Heidelb)*, 2017, vol. 7, suppl. 1, pp. 31–41. doi: 10.1007/s13555–016–0167–9
2. Abrouk M., Levin E., Brodsky M., Gandy J.R., Nakamura M., Zhu T.H., Farahnik B., Koo J., Bhutani T. Excimer laser for the

- ity//Psoriasis (Auckl).– 2016.– Vol. 6.– P. 165–173. doi: 10.2147/PTT.S105047
3. Chahar Y.S., Singh P.K., Sonkar V.K., et al. Impact on quality of life in vitiligo patients treated with narrowband ultraviolet B phototherapy//*Indian J. Dermatol.*– 2018.– Vol. 63 (5_).– P. 399–402. doi: 10.4103/ijd.IJD_121_17
 4. Parrish J.A., Jaencke K.E. Action spectrum for phototherapy of psoriasis//*J. Invest. Dermatol.*– 1981.– Vol. 76.– P. 359–62.
 5. Weatherhead S.C., Farr P.M., Reynolds N.J. Spectral effects of UV on psoriasis//*Photochem. Photobiol. Sci.*– 2013.– Vol. 12 (1).– P. 47–53. doi: 10.1039/c2pp25116g
 6. Meinhardt M., Krebs R., Anders A., et al. Wavelength-dependent penetration depths of ultraviolet radiation in human skin//*J. of Biomedical Opt.*– 2008.– Vol. 13 (4).– P. 044030. doi: 10.1117/1.2957970
 7. Reich A., Medrek K. Effects of narrow band UVB (311 nm) irradiation on epidermal cells//*Int.J. Mol. Sci.*– 2013.– Vol. 14 (4).– P. 8456–8466. doi: 10.3390/ijms14048456
 8. Heckman C.J., Chandler R., Kloss J.D., et al. Minimal erythema dose (MED) testing//*J. Visualized Exp.*– 2013. Vol. 75.– P. 50175. doi: 10.3791/50175
 9. Asawanonda P., Anderson R.R., Chang Y., Taylor C.R. 308-nm excimer laser for the treatment of psoriasis: a dose-response study//*Arch Dermatol.*– 2000.– Vol. 136 (5).– P. 619–24. doi: 10.1001/archderm.136.5.619
 10. Zhang P., Wu M.X. A clinical review of phototherapy for psoriasis//*Lasers Med. Sci.*– 2018.– Vol. 33 (1).– P. 173–80. doi: 10.1007/s10103-017-2360-1
 11. Effective Light Therapy for Photobiology and Phototherapy. Available at: <https://www.proflamps.ru/datasheets/PHILIPSUVB.pdf> (accessed 26.02.2020)
 12. Lomaev M.I., Skakun V.S., Sosnin E.A., et al. Excilamps: efficient sources of spontaneous UV and VUV radiation//*Physics-Uspekh.*– 2003.– Vol. 46 (2).– P. 193–210. doi: 10.1070/PU2003v046n02ABEH001308
 13. Erofeev M.V., Schitz D.V., Skakun V.S., et al. Compact dielectric barrier discharge excilamps//*Physica Scripta.*– 2010.– Vol. 82 (4).– P. 045403. doi: 10.1088/0031-8949/82/04/045403
 14. Sosnin E.A., Avdeev S.M., Tarasenko V.F., et al. KrCl barrier-discharge excilamps: energy characteristics and applications (review)//*Instr. and Exp. Techniq.*– 2015.– Vol. 58 (3).– P. 309–18. doi:10.7868/S003281621503012X
 15. Khan M.A., Maeda N., Jo M., et al. 13 mW operation of a 295–310 nm AlGaIn UV-B LED with a p-AlGaIn transparent contact layer for real world applications//*J. of Mat. Chem. C.*– 2018.– Vol. 7 (1).– P. 143–52. doi: 10.1039/C8TC03825B
 16. Schitz D., Ivankov A., Pismennyi V. Excimer Lamp for Dermatology//*IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series.*– 2019.– Vol. 1172.– 012052.
 17. Lomaev M.I., Sosnin E.A., Tarasenko V.F., et al. Capacity and barrier discharge excilamps and their applications (review)//*Instruments and Experimental Techniques.*– 2006.– Vol. 49, No. 5.– P. 595–616. treatment of psoriasis: safety, efficacy, and patient acceptability, *Psoriasis (Auckl)*, 2016, vol. 6, pp. 165–173. doi: 10.2147/PTT.S105047
 3. Chahar Y.S., Singh P.K., Sonkar V.K., Rajani I., Adil M. Impact on quality of life in vitiligo patients treated with narrowband ultraviolet B phototherapy, *Indian J. Dermatol*, 2018, vol. 63 (5), pp. 399–402. doi: 10.4103/ijd.IJD_121_17
 4. Parrish J.A., Jaencke K.E. Action spectrum for phototherapy of psoriasis, *J. Invest. Dermatol*, 1981, vol. 76, pp. 359–62.
 5. Weatherhead S.C., Farr P.M., Reynolds N.J. Spectral effects of UV on psoriasis, *Photochem. Photobiol. Sci.*, 2013, vol. 12 (1), pp. 47–53. doi: 10.1039/c2pp25116g
 6. Meinhardt M., Krebs R., Anders A., Heinrich U., Tronnier H. Wavelength-dependent penetration depths of ultraviolet radiation in human skin, *J. of Biomedical Opt*, 2008, vol. 13 (4), pp. 044030. doi: 10.1117/1.2957970
 7. Reich A., Medrek K. Effects of narrow band UVB (311 nm) irradiation on epidermal cells, *Int.J. Mol. Sci.*, 2013, vol. 14 (4), pp. 8456–8466. doi: 10.3390/ijms14048456
 8. Heckman C.J., Chandler R., Kloss J.D., Benson A., Rooney D., Munshi T., Darlow S.D., Perlis C., Manne S.L., Oslin D.W. Minimal erythema dose (MED) testing, *J. Visualized Exp.*, 2013, vol. 75, pp. 50175. doi: 10.3791/50175
 9. Asawanonda P., Anderson R.R., Chang Y., Taylor C.R. 308-nm excimer laser for the treatment of psoriasis: a dose-response study, *Arch Dermatol*, 2000, vol. 136 (5), pp. 619–24. doi: 10.1001/archderm.136.5.619
 10. Zhang P., Wu M.X. A clinical review of phototherapy for psoriasis, *Lasers Med. Sci.*, 2018, vol. 33 (1), pp. 173–80. doi: 10.1007/s10103-017-2360-1
 11. *Effective Light Therapy for Photobiology and Phototherapy.* Available at: <https://www.proflamps.ru/datasheets/PHILIPSUVB.pdf> (accessed 26.02.2020)
 12. Lomaev M.I., Skakun V.S., Sosnin E.A., Tarasenko V.F., Schitz D.V., Erofeev M.V. Excilamps: efficient sources of spontaneous UV and VUV radiation, *Physics-Uspekh*, 2003, vol. 46 (2), pp. 193–210. doi: 10.1070/PU2003v046n02ABEH001308
 13. Erofeev M.V., Schitz D.V., Skakun V.S., Sosnin E.A., Tarasenko V.F. Compact dielectric barrier discharge excilamps, *Physica Scripta*, 2010, vol. 82 (4), pp. 045403. doi: 10.1088/0031-8949/82/04/045403
 14. Sosnin E.A., Avdeev S.M., Tarasenko V.F., Skakun V.S., Schitz D.V. KrCl barrier-discharge excilamps: energy characteristics and applications (review), *Instr. and Exp. Techniq.*, 2015, vol. 58 (3), pp. 309–18. doi:10.7868/S003281621503012X
 15. Khan M.A., Maeda N., Jo M., Akamatsu Y., Tanabe R., Yamada Y., Hirayama H. 13 mW operation of a 295–310 nm AlGaIn UV-B LED with a p-AlGaIn transparent contact layer for real world applications, *J. of Mat. Chem.C.*, 2018, vol. 7 (1), pp. 143–52. doi: 10.1039/C8TC03825B
 16. Schitz D., Ivankov A., Pismennyi V. Excimer Lamp for Dermatology, *IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series*, 2019, vol. 1172, 012052.
 17. Lomaev M.I., Sosnin E.A., Tarasenko V.F., Schitz D.V., Skakun V.S., Erofeev M.V., Lisenko A.A. Capacity and barrier discharge excilamps and their applications (review), *Instruments and Experimental Techniques*, 2006, vol. 49, no. 5, pp. 595–616.