

# ПРИМЕНЕНИЕ ЭКСИЛАМП ЕМКОСТНОГО РАЗРЯДА В МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Соснин Э.А.\*

\* Институт сильноточной электроники СО РАН, Томск, E-mail: badik@loi.hcei.tsc.ru  
Томский государственный университет, Томск.

## 1. Введение

Для организации любого исследовательского процесса по минимуму необходимо иметь: а) коллектив людей, занятых решением тех или иных задач и имеющих различные методологические предпочтения в обращении с проблемами (среда + методологический плюрализм); б) программу исследований и комплиментарную к ней потребность общества в ее осуществлении; в) финансовые, материальные и информационные ресурсы для её реализации [1].

Ранее [1,2] мы проанализировали способы организации успешной деятельности в исследовательских организациях в XXI веке. Вкратце обозначим перемены, произошедшие социальной средой исследовательских организаций за последние два десятка лет:

1. *Темп.* Сократилось время, затрачиваемое на конкретное исследование, время на публикацию своих достижений в научной периодике, сократился срок жизни конкретной технологии, которую сменяет новая технология.

2. *Законодательная база.* Появились или готовятся законы, регламентирующие правила обмена, лицензирования и купли-продажи интеллектуального продукта.

3. *Увеличилась доля сложных (полидисциплинарных) проектов,* выполнение которых требует участия нескольких организаций в общем наборе научных исследований – как в государственном, так и в частном секторе [2].

4. *Новые и расширенные старые формы взаимодействия науки и производства.* Появились в результате потребности в получении выгоды от тех средств, которые затрачиваются обществом на финансирование науки.

Новая форма организации работы научных школ основана на междисциплинарной кооперации специалистов как внутри одной школы, так и за её пределами, в т.ч. и со специалистами на различных производствах.

Какие выгоды от взаимодействия с научной школой при этом имеют сторонние и возникающие в ходе сотрудничества с ним компании и другие школы? Это:

- получение доступа к уникальным установкам и оборудованию;
- сотрудничество со студентами - потенциальными служащими;
- возможность проведения независимой экспертизы промышленных проектов.

Научная школа, в свою очередь, получает не только финансовую поддержку для осуществления ее функции обучения, но и:

- обогащает свое представление о проблемах реальной жизни,
- знакомит студентов с возможными работодателями и одновременно повышает свой престиж,
- удерживает в своем составе квалифицированных преподавателей и работников, предоставляя им возможность пользоваться дивидендами от внедрения технологий,
- выявляет фирмы для предложения новых технологий.

Сказанное, по существу, является описанием *способов сохранения* системы передачи знаний, существующей в научных школах и которая подвергается заметным трансформациям. Ключевым качеством таких трансформаций является некое качественно-новое *взаимодействие* специалистов самых разных дисциплин: физиков, химиков, культурологов, экономистов, специалистов по связям с общественностью, программистов, юристов и т.д. Для того, чтобы подчеркнуть самостоятельный характер новой социальной потребности в таком взаимодействии, которое обеспечивало бы исследовательскую деятельность (а не имитировать оную), мы ввели понятие *лизинга методологий* [3]:

Понятие лизинга используется нами как производное от английского юридического термина *lease*, означающего *сдавать/брать внаём* и действие по глаголу. Этим мы стремимся подчеркнуть:

- 1) правомерность использования в научной практике понятий из сферы бизнеса;

2) то, что некоторые части его принадлежат - согласно авторскому праву - тем или иным лицам, товариществам и т.д., другие же части представляют собою *res nullius*, а отдельные - ворованный воздух (в смысле О. Мандельштама);

3) то, что лизинг предполагает активность нескольких субъектов: сдающего/берущего в аренду и, возможно, междисциплинарного посредника;

4) то, что лизинг методологического имущества, как и любого другого, занимает своё особое место при разработке содержания, структуры этапов, графика выполнения научного (научно-технического) проекта и при его реализации.

В настоящем докладе отражены последние достижения в разработке, исследовании и применении ультрафиолетовых эксиламп емкостного разряда для научных и прикладных исследований в фотохимии и фотобиологии, что было бы невозможно без тесного сотрудничества между представителями различных научных школ. Многочисленные исследования, которые стали при этом возможны демонстрируют плодотворность лизинга в науке. В силу ограниченности доклада, в текст вошли лишь некоторые примеры лизинга.

## 2. Совместные исследования эксиламп емкостного разряда

Эксилампы являются *подклассом* разрядных ламп, излучающих за счет распада эксимерных или эксиплексных молекул. С момента создания эксиламп была отмечена высокая эффективность передачи введенной в газовую среду энергии в ультрафиолетовое излучение (до 25%), причем более 80% от общей мощности излучения эксилампы может быть сосредоточено в относительно узкой (несколько нм на полувысоте) спектральной полосе соответствующей молекулы [4]. Некоторые этапы разработок эксиламп отражены в таблице 1.

Табл. 1. – Некоторые этапы в истории исследований эксиламп

Авторы, год	Тип разряда	Что сделано
Павловская Е. Н., Подмошенский И.В., Яковлева А.Н. 1978	Барьерный разряд	Впервые сообщается о получении континуумов инертных газов в приборе типа озонатора
Gerber T., Luthy W., Burkhard P. 1980	Импульсный разряд в капилляре	Продемонстрировано эффективное излучение KrF-молекулы ( $\lambda \sim 248$ нм) в капилляре
Волкова Г.А., Кириллова Н.Н., Павловская Е.Н., Яковлева А.В. 1984	Барьерный разряд	Созданы ВУФ лампы на барьерном разряде в инертных газах
Головицкий А.П. 1992	Тлеющий разряд	Продемонстрирована возможность создания эффективных ультрафиолетовых излучателей на основе непрерывного тлеющего разряда в смесях инертных газов и галогенов на примере XeCl-молекулы
Gellert B., Kogelschatz U. 1991	Барьерный разряд	Получены континуумы большинства эксимерных и эксиплексных молекул
Панченко А.Н., Соснин Э.А., Тарасенко В.Ф. 1998	Тлеющий разряд	Показано, что эффективность флуоресценции эксиплексных молекул XeCl ( $\lambda \sim 308$ нм) и KrCl ( $\lambda \sim 222$ нм) в положительном столбе тлеющего разряда близка к квантовой ( $> 20\%$ )
F. Vollkommer, L. Hitzschke, 1998	Барьерный разряд	В барьерном разряде на димерах Xe <sub>2</sub> * ( $\lambda \sim 172$ нм) впервые получена эффективность 60%
Панченко А.Н., Тарасенко В.Ф., 1998	Поднормальный тлеющий разряд	Впервые получена эффективность свечения XeCl ( $\lambda \sim 308$ нм) и KrCl ( $\lambda \sim 222$ нм) молекул до 30%
Ломаев М.И., Скакун В.С., Соснин Э.А., Тарасенко В.Ф., Шитц Д.В. 1999-2001	<b>Емкостной разряд</b>	Впервые созданы отпаянные XeCl ( $\lambda \sim 308$ нм), KrCl ( $\lambda \sim 222$ нм); XeBr ( $\lambda \sim 283$ нм); XeI ( $\lambda \sim 253$ нм) эксилампы емкостного разряда

Однако, несмотря на рост исследований эксиламп, по-прежнему оставались нерешенными вопросы получения больших сроков службы рабочих смесей и измерения коротковолнового излучения.

В 1999 году в Лаборатории оптических излучений Института сильноточной электроники СО РАН (ЛОИ ИСЭ СО РАН) были впервые предложены и испытаны эксилампы емкостного разряда [5,6]. Емкостной разряд применяется для получения слабоионизованной, неравновесной плазмы в условиях средних и низких давлений ( $10^{-3} - 100$  Торр).

Уже на первых этапах разработки эксиламп возникла *потребность в научной кооперации* для решения задач *повышения срока службы и корректной оценки излучаемой мощности эксиламп*.

В ходе решения первой задачи нами были выявлены механизмы, ограничивающие срок службы одной рабочей смеси в хлор-содержащих эксилампах. В ходе расчета изотермической кинетики гетерофазных реакций в системе “кварцевая стенка эксилампы + газовая фаза”, за счет лизинга опыта, накопленного на кафедре неорганической химии Томского государственного университета (КНХ ТГУ) было показано, что уменьшение мощности излучения эксиламп происходит за счет гетерофазной химической реакции взаимодействия атомарного хлора с кварцевой стенкой по механизму анти-Яндера с образованием полимерных продуктов хлорсилоксанов [7]. Отталкиваясь от этого заключения нами было предложено несколько вариантов повышения сроков службы эксиламп и к настоящему времени удалось достичь ресурса работы более 3500 часов. Побочным (серендипическим [8]) результатом этой междисциплинарной работы стала разработка эксиламп на бромиде и иодидах с большим ресурсом работы.

Задачу измерения интенсивности излучения люминесцентных источников можно решать при помощи физического фотоприемника, однако, его чувствительность может заметно снижаться вследствие нарушений приемной поверхности излучением, особенно если вести речь о длительных испытаниях и коротковолновом облучении. Продолжительная эксплуатация, например, кремниевых фотоприемников при уровне облучения около  $10 \text{ мВт/см}^2$  приводит к необратимому снижению чувствительности и накоплению неоднородностей на их поверхности [9]. Поэтому требуется частая калибровка таких приборов. Однако у физического фотоприемника есть альтернатива – химический актинометр. Обратившись к опыту Томской школы электрохимии (лаборатория микропримесей факультета аналитической химии Томского политехнического университета (ФАХ ТПУ) и химический факультет Томского государственного университета (ХФ ТГУ)) нам удалось создать и использовать электрохимический актинометр для определения интенсивности KrCl- и XeBr-эксиламп, для которых обычно использовались физические фотоприемники. При интенсивности излучения  $10\text{-}20 \text{ мВт/см}^2$  погрешность измерений составила  $\sim 10\%$ . Был сделан вывод о том, что новый вариант химического актинометра может быть альтернативным способом измерения интенсивности и калибровки физических фотоприемников в области ультрафиолетового излучения [15].

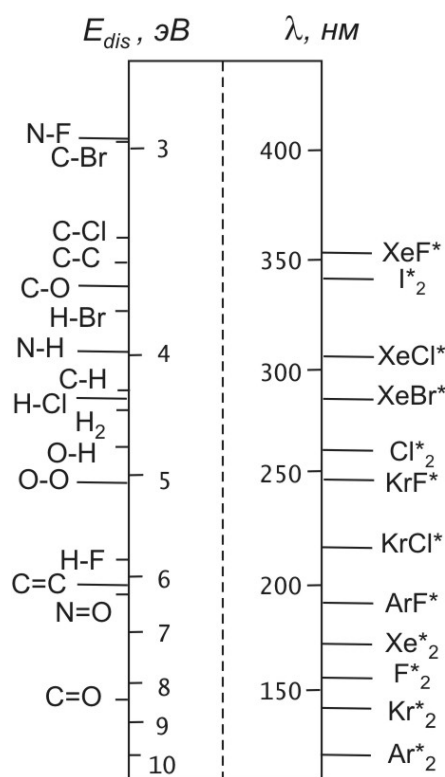


Рис. 1. Энергии диссоциации различных веществ и длины волн В-Х переходов эксимерных и эксиплексных молекул, а также димеров галогенов.

Таким образом лизинг методов химической кинетики и электрохимии в фотонику позволил нам решить задачи, которые не удавалось решать исключительно методами физики плазмы и оптики.

### 3. Опыт применения эксиламп емкостного разряда в фотохимических экспериментах

Эксилампы становятся инструментом новых междисциплинарных исследований. Достоинствами эксиламп с точки зрения их применения являются: большая энергия фотона ( $3.5\text{--}10 \text{ эВ}$ ), относительно узкая полоса излучения (до нескольких нм), удельная мощность излучения, достаточная для исследовательских целей (до нескольких десятков  $\text{мВт/см}^2$ ), возможность масштабирования размеров излучателя. Кроме того, благодаря относительно слабому разогреву колбы эксиламп (что получило в литературе название – *cold lighting*) эксилампы позволяют осуществлять различные фотохимические реакции, избирательно возбуждая химические связи, что делает эксилампы перспективным источником излучения для целого ряда технологий.

Область поглощения химическими соединениями УФ-излучения определяется в первую очередь их природой и строением. Например, для диссоциации двойной связи  $\text{C}=\text{C}$  требуется энергия более  $6 \text{ эВ}$  (рис. 1).

При облучении энергия света расходуется не только на возбуждение химических связей, но и на образование радикалов, и на разрыв химических связей, что используется, например, в технологиях окисления растворов, содержащих токсичную органику.

Использование эксилламп расширяет возможности селективного воздействия на фотохимические и фотофизические системы, где традиционно использовались ртутные лампы или эксимерные лазеры. Импульсные лазерные источники, позволяют транспортировать излучение с минимальными потерями в нужную область фотохимического реактора и, так же как и эксилламп, селективно возбуждать некоторые электронные состояния изучаемых соединений. Однако лазеры имеют и недостатки, к которым относится их сложность, что ведет к большим эксплуатационным затратам и требует высокой квалификации обслуживающего персонала. Поэтому в ряде случаев вместо лазеров можно использовать эксилламп и получать неожиданные результаты.

Например, в работе [10] совместно с лабораторией лазерной физики Сибирского физико-технического института (ЛЛФ СФТИ) при исследовании фотолиза водных растворов фенола и параклорфенола при возбуждении эксиплексными KгCl-лазером и KгCl-эксиллампой мы показали, что при облучении растворов излучением с длиной волны волн 222 нм и большой длительностью импульса около 1 мкс фотопревращения идут гораздо эффективнее, чем при облучении эксиплексным лазером на такой же длине волны при длительностью импульса 10 нс. Результат свидетельствует о перспективности использования эксилламп как для фундаментальных фотохимических исследований, так и в промышленных системах водоочистки.

Кроме того, совместно с ЛЛФ СФТИ нами были, в частности, найдены условия, в которых фотопревращения комплекса ГК с фенолом (модельная среда для природных водоемов, куда попадают стоки фенола) протекают эффективнее при облучении KгCl-эксиллампой низкого давления, по сравнению с ртутной лампой высокого давления ОКН-11-М. Нами также проведены широкие исследования фотолиза фенол производных и влияния положения заместителя на спектрально-люминесцентные и фотохимические свойства крезолов воде [11–14].

Таким образом проведенные исследования позволяют заключить, что лизинг современных методов получения спонтанного узкополосного ультрафиолетового излучения на основе эксиплексных молекул в фотохимию позволил получить новую информацию о фотофизических и фотохимических свойствах органических веществ, в частности, получать флуоресцентными методами сравнительные данные о фотолизе экологически опасной органики.

К настоящему времени разработаны и апробированы технологии фотоокисления целого ряда органических веществ, которые могут быть преобразованы в безопасные воду и углекислоту (процесс это называется *минерализацией*). Процесс окисления длится от нескольких секунд до сотен часов и даже неорганика – цианиды, сульфиды и нитриды – подвержены окислению. Имея в виду эту особенность, отмеченную в фотохимии нами был осуществлен лизинг эксилламп (как современного метода получения узкополосного ультрафиолетового излучения) в сферу аналитической химии. Дадим два примера того, к каким результатам это привело.

**Пример 1.** Устранение мешающего влияния поверхностно-активных веществ (ПАОВ) (например, лаурилсульфата) и гуминовых кислот (ГК) при регистрации методом инверсионной вольтамперометрии анодных пиков Zn, Cd, Pb и Cu.

Мешающее влияние ПАОВ и ГК связано с их адсорбцией на рабочих электродах и с образованием прочных комплексов с ионами металлов. И то, и другое затрудняет их восстановление на рабочем электроде, затрудняет интерпретацию результатов электрохимических измерений в методах аналитической химии. Разрушают эти комплексы микроволновом и лазерным, а также ультразвуком. Часто применяется озонирование раствора вокруг электродов. Иногда используется облучение ртутной лампой низкого давления. В совместных экспериментах с сотрудниками ХФ ТГУ мы показали, что использование коротковолновых эксилламп может давать здесь свои преимущества [16]. Для этого мы сравнили действие озона, УФ-излучения KгCl-эксилламп ( $\lambda \sim 222$  nm) и УФ-излучения ртутно-кварцевой ( $\lambda \sim 254$  nm) лампы. Показано, что для разрушения ПАОВ наиболее эффективна KгCl-эксиллампа и менее эффективно использование Hg-лампы с добавкой фотокатализатора TiO<sub>2</sub> в раствор, и совсем неэффективно озонирование пробы. В тоже время для разрушения комплексов <Металл + ГК> могут быть использованы все три способа.

**Пример 2.** Использование узкополосного ультрафиолетового излучения для фотоокисления органических веществ в процедуре химической пробоподготовки.

Подготовка пробы – важный этап проведения химических анализов, который, включает такие стадии как разложение органического образца с переводом пробы в раствор и устранения влияния мешающих компонентов [17]. Разложение может производиться как в кислотах (иногда с добавками катализаторов), так и “сухим способом” (спеканием, термическим разложением). При определении

содержания элемента в пробе электрохимическими методами, на качество определения влияют оставшиеся в растворе ГК и остатки органических соединений, которые не удалось “развалить” кислотами. В этом случае можно использовать так называемую УФ-минерализацию. В [18], анализируя содержание ионов ртути  $Hg^{2+}$  в целом ряду пищевых продуктов мы показали, что использование КгСl-эксилламп позволяет заменить использованные ранее для цели минерализации Hg-лампы типа ДФРХ-204, и, кроме того, позволяет ускорять процесс минерализации (что связано с различиями величин оптической плотности облучаемых растворов для разных применяемых на этапе растворения пробы кислот).

#### 4. Опыт применения эксилламп в биологических исследованиях

Применение эксилламп в фотобиологических исследованиях тоже является примером удачного лизинга. То, что различные длины волн излучения могут вызывать различный биологический эффект было установлено еще в конце XIX в. в работах русского ученого А.М. Маклакова. Избирательное действие света предполагает, что тот или иной фотобиологический эффект вызывается излучением определенного диапазона длин волн [19]. Можно уверенно говорить об избирательном действии излучения на различных длинах волн на нуклеиновые кислоты [20], ферменты [21], биологические мембраны [22] и другие подсистемы клетки.

Различные микроорганизмы неодинаково чувствительны к одной и той же дозе облучения. Среди беспоровых бактерий особенно чувствительны к облучению пигментные бактерии, выделяющие пигмент в окружающую среду. Пигментные бактерии, содержащие в клетках каротиноидные пигменты, чрезвычайно стойки, т. к. каротиноидные пигменты обладают защитными свойствами против ультрафиолетовых лучей. Каротиноидные пигменты предотвращают разрушение под действием света ферментов, локализованных в клеточных мембранах. Интересным подтверждением этой способности каротиноидов является существование определенной связи между наличием каротиноидных пигментов у микроорганизмов и условиями их обитания. Найдено, что многие живущие в воде организмы, такие, как *Flavobacterium*, *Halobacterium* и *Flexibacterium*, подвержены действию света и кислорода. Эти микроорганизмы отличаются устойчивостью к действию указанных факторов и, как правило, содержат каротиноидные пигменты. Однако при низких температурах защитная функция каротиноидов проявляется значительно слабее [28]. Споры бактерий значительно устойчивее к действию УФ-лучей, чем вегетативные клетки. Чтобы убить споры требуется в 4-5 раз больше энергии. Споры почти не содержат свободной воды и имеют плотную двойную оболочку, поэтому отличаются также более высокой устойчивостью и к действию химических веществ.

Гибель микроорганизмов может быть следствием как непосредственного воздействия ультрафиолетовых лучей на клетки (инактивация ферментов, адсорбция белками и нуклеиновыми кислотами и повреждение их молекул), так и неблагоприятного для них изменения облученного субстрата (в облучаемой среде могут образоваться вещества ( $H_2O_2$ , озон и др.), губительно действующие на микроорганизмы). **В этих многообразных условиях узкополосные источники спонтанного ультрафиолетового излучения оказываются новым перспективным инструментом исследования физико-химических процессов в биосистемах.** Дадим наши примеры успешного взаимодействия между биологами и оптиками.

##### Пример 1. Изучение инактивации бактерий

В [24] нами было проведено сравнение применяющихся сегодня методов ультрафиолетовой инактивации микроорганизмов. Видно, что по своим техническим показателям эксилламп являются перспективной системой стерилизации с использованием УФ излучения (см. табл.2).

На следующем этапе совместно с кафедрой цитологии и генетики Томского государственного университета (КЦиГ ТГУ) был произведен лизинг методов бактериологического анализа [29] для оценки эффективности дезинфекции ХеСl-, КгСl- и ХеВг- эксилламп емкостного разряда, имеющих максимумы излучения в различных участках спектра (на 308, 222 и 283 нм, соответственно). Объектом облучения служила *Escherichia coli*, которая проявляет самую низкую чувствительность среди энтеробактерий к разного рода воздействиям, а потому считается важным тест-объектом для оценки санитарно-эпидемиологического состояния окружающей среды. Фактически здесь можно говорить и о лизинге методов дозиметрии, которые мы использовали в опытах с химическим актинометром [6], только вместо методов электрохимии для определения дозового влияния эксилламп нами использовались бактериологические а не химические методы. Благодаря этим кооперативным исследованиям нами были определены оптимальные с точки зрения инактивации *Escherichia coli* дозы и длины волн. Таким образом, для каждой конкретной микробиологической культуры могут быть подобраны свои режимы ввода энергии в нужном для инактивации (или реактивации) спектральном диапазоне.

Доклады II интеграционной междисциплинарной конференции молодых ученых СО РАН и высшей школы “Научные школы Сибири: взгляд в будущее” (Иркутск, 6-10 октября 2003 г.). – Иркутск: Издательство Института географии СО РАН, 2003. – С. 150–157.

Табл. 2. – Преимущества и недостатки различных методов УФ-инактивации

Характеристики	Методы инактивации			
	Лазерное облучение	Плазменная обработка	Импульсное облучение	Эксилампы
Экспрессность процесса инактивации	+	–	+	–
Доля бактерицидного излучения в спектре	+	+	–	+
Безопасность работы оператора	–	+	–	+
Простота методики*	+	–	+	+
Возможность инактивации в зоне оптической тени	–	+	–	–
Экономичность получения излучения	–	–	–	+
Расположение объекта облучения**	+	+	–	+

\* Это означает, требуется ли для обслуживания установки квалифицированный персонал, насколько легко осуществляется управление и настройка устройства на работу.

\*\* "+" означает возможность непосредственной обработки объекта без удаления его на расстояние, на котором он не станет нагреваться от облучателя, это также означает целенаправленность в расходовании бактерицидной энергии.

### Пример 2. Инактивация живых клеток

Лизинг эксиламп в методы цитологии, возможно, позволит лучше понять природу такого феномена как апоптозис. Апоптоз – запрограммированная смерть клетки – представляет собой процесс, посредством которого внешние и внутренние факторы, активируя генетическую программу, ведут к гибели клетки. Совместные эксперименты в этом направлении были проведены нами со специалистами отделения биомедицинских исследований технологического университета в Эйндховене (Голландия). Работа была посвящена изучению условий инактивации клеток *Chinese Hamster Ovary* (штамм *CHO K1*). Средний размер таких клеток 5-10 мкм. В качестве внешнего фактора мы использовали ХеВг-эксилампу и йодную лампы емкостного разряда. Спектры первой лампы представляют полосу, максимум которой приходится на 283 нм, спектр йодной лампы составляла главным образом интенсивная атомарная линия йода на 206 нм. Эксилампы удобно использовать, если необходимо “поймать” такую дозу облучения, при которой смерть клеток еще не происходит, но начинаются внутриклеточные процесс, которые постепенно выводят её системы жизнеобеспечения из строя. Как показал эксперимент, зависимость количества выживших клеток от введенной дозы ультрафиолетового излучения носит пороговый характер. Кроме того, для обеспечения гибели всех клеток требуются на порядок большие дозы облучения, чем в случае облучения бактериальных культур.

### 5. Благодарности

Автор благодарит своих коллег по исследованиям и лизингу из ЛОИ ИСЭ СО РАН (зав.лаб. профессора Тарасенко В.Ф., к.ф.-м.н. Ерофеева М.В., к.ф.-м.н. Кунца С.Э., аспирантов Шитца Д.В. и Липатова Е.И.), ХФ ТГУ (д.х.н. Захарову Э.А., руководителя фирмы “ЮМХ” Г.В. Слепченко), ФАХ ТПУ (к.х.н. Баталову В.Н., магистрантку Буянову Е.Ю.), ФНХ ТГУ (доцента Чернов Е.Б.), ЛЛФ СФТИ (зав.лаб. Копылову Т.Н., к.ф.-м.н. Светличного В.А., магистранток Соколову Т.В., Сульtimiову Н.Б.), КЦИГ ТГУ (к.б.н. Лаврентьеву Л.В., магистрантку Мастерову Я.В., студентку Кузнецову Е.А.), отделения биомедицинских исследований технологического университета в Эйндховене (проф. Стоффелс Е., аспирантку Кифт Е.И.), РФФ ТГУ (доцента Пойзнера Б.Н.).

### Литература

1. Соснин Э.А., Пойзнер Б.Н. *Путь в науку XXI века. Руководство к действию. Серия “Поколение.RU” М, СИНТЕГ, 2000, 88 с.*
2. Соснин Э.А., Б.Н. Пойзнер Б.Н. *Исследовательская деятельность в университетах: международный опыт. // Интеграция учебного процесса и фундаментальных исследований в университетах: инновационные стратегии и технологии. Первая Всероссийская конференция, Томск, 2000, Т.1, с. 115-118.*
3. Соснин Э.А., Пойзнер Б.Н. *Авантюра просвещения. // Сб. статей “ВУЗ-XXI и культура”. Казань, Изд.-во КГТУ, 2000, с. 8-11.*

4. Ломаев М.В., Скакун В.С., Соснин Э.А., Тарасенко В.Ф., Шитц Д.В., Ерофеев М.В. Эксилампы – эффективные источники спонтанного УФ- и ВУФ-излучения // *Успехи физических наук*, 2003, №2, Т.173, с. 201-217.
5. Соснин Э.А., Ерофеев М.В., Тарасенко В.Ф., Шитц Д.В. Эксилампы емкостного разряда // *Приборы и техника эксперимента*, 2002, №6, с. 1-6.
6. Ломаев М.И., Скакун В.С., Соснин Э.А., Тарасенко В.Ф., Шитц Д.В. Отпаянные эффективные эксилампы, возбуждаемые емкостным разрядом // *Письма в ЖТФ*, 1999, Т.25, Вып.21, с. 27-32.
7. Ерофеев М.В., Соснин Э.А., Тарасенко В.Ф., Чернов Е.Б. О причинах снижения мощности излучения KrCl-эксиламп барьерного разряда в процессе работы. // *Известия вузов. Физика*, 1999, Т.42, №4, с. 68-72.
8. Соснин Э.А., Пойзнер Б.Н. Эволюционный и серендипический способы получения знаний. // *Социальное знание в поисках идентичности*. Томск, 1999, с. 123-126.
9. Zhang J.-Y., Boyd I.W. UV Intensity measurement of 308 nm excimer lamp using chemical actinometer // *Applied Surface Science*, 2000, V.138-139, №2, p. 296-299.
10. Соколова И.В., Чайковская О.Н., Светличный В.А., Кузнецова Р.Т., Копылова Т.Н., Майер Г.В., Соснин Э.А., Липатов Е.А., Тарасенко В.Ф. Фотопревращения фенолов в водных растворах при различном возбуждении // *Химия высоких энергий*, 2002, Т.36, №4, с. 307-310.
11. Соколова Т.В. Влияние положения заместителя на спектрально-люминесцентные свойства крезолов в воде. *Магистерская диссертация*. Томск, ТГУ, ХФ, Кафедра коллоидной химии, 2002, 50 с.
12. Svetlitchnyi V.A., Sosnin E.A., Tchaikovskaya O.N., Lipatov E.I., Kopylova T.N., Sokolova I.V., Tarasenko V.F. Photolysis of water phenol solutions under UV excitation by KrCl-laser and KrCl-excilamp // *Proc. SPIE*, Vol.4678, 2002, p. 177-182.
13. Сульtimoва Н.Б., Бегина А.А., Соснин Э.А. Исследование фотохимических свойств гуминовых кислот в различных средах // *Современные проблемы физики и технологии*. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2002, с. 161-163.
14. Соколова Т.В., Соснин Э.А. Флуоресцентный анализ фотолиза крезолов // *Современные проблемы физики и технологии*. Томск, Изд-во Том. ун-та, 2002, с. 156-158.
15. Баталова В.Н., Соснин Э.А., Захарова Э.А., Тарасенко В.Ф. Электрохимический ферриоксалатный актинометр и его применение для измерения интенсивности излучения эксиламп // *Приборы и техника эксперимента*, 2003, №1, с. 1-4.
16. Sosnin E.A., Batalova V.N., Buyanova E.Yu., Tarasenko V.F. Comparative study of interference elimination in heavy metals control by ASV method // *Int. Conf. PHYSICON 2003, St.-Peterburg, Russia (in print)*.
17. Золотов Ю.А. и др. *Основы аналитической химии*. В 2 кн. Кн. 1. Общие вопросы, методы разделения. М., Высш. Шк., 1999, 351 с.
18. Sosnin E.A., Batalova V.N., Slepchenko G.B., Tarasenko V.F. Excilamps application in the chemical sample pre-treatment process // *Proc. SPIE*, 2002, V.4747, p. 352-357.
19. Владимиров Ю.А. Потапенко А.Я. *Физико-химические основы фотобиологических процессов*. М., Высш. Школа, 1989, 214 с.
20. Кривинский А. С. Мутагенное действие излучений на вирусы и бактериофаги // *Генетика и селекция микроорганизмов*. 1964, Вып. 1, с. 3-67.
21. Мудрецова-Висс К. А., Кудряшова А. А., Дедюхина В. Н. *Микробиология, санитария, гигиена*. М., Изд. Деловая литература, 2001, 250 с.
22. Самойлова К. А. Клеточные и молекулярные механизмы биологических эффектов ультрафиолета // *Биологическое действие ультрафиолетового излучения*. 1975, с. 20-31.
23. Феофилова Е. П. *Пигменты микроорганизмов*. М., Наука, 1975, 220 с.
24. Лаврентьева Л.В., Соснин Э.А., Мастерова Я.В. УФ-инактивация микроорганизмов: сравнительный анализ методов // *Вестник Томского государственного университета*, 2003 (в печати).
25. Лабинская А. С. *Микробиология с техникой микробиологических исследований*. М., Медицина, 1978, 210 с.

26. Sosnin E.A., Lavrent'eva L.V., Yusupov M.R., Masterova Y.V., Tarasenko V.F. Inactivation of *Escherichia coli* using capacitive discharge excilamps // Proc. of 2<sup>nd</sup> International Workshop on Biological Effects of Electromagnetic Fields, Rhodes, Greece, 2002, p. 953-957.
27. Мастерова Я.В., Лаврентьева Л.В., Соснин Э.А., Тарасенко В.Ф. Изучение бактерицидного действия эксиламп на *E. Coli* при первичном и повторном облучении // Сборник трудов Томского сельскохозяйственного института НГАУ, Томск, ТСХИ НГАУ, 2002, с. 244-245.
28. Ерофеев М.В., Кифт И.Е., Соснин Э.А., Стоффелс Е. Действие излучения ХеВr-эксилампы на клетки CHO K1 // Сборник трудов Томского сельскохозяйственного института НГАУ, Томск, ТСХИ НГАУ, 2002, с. 247-249.
29. Соколов В.Ф. Обеззараживание воды бактерицидными лучами. М., Изд-во МКХ РСФСР, 1954, 178 с.