

УДК 621.373.826

Спектрально-люминесцентные и генерационные свойства органических люминофоров красного диапазона спектра

А.К. Аймуханов¹, Н.Х. Ибраев¹, Е.В. Селиверстова¹, Т.Н. Копылова²,
Р.М. Гадиров², Е.Н. Тельминов², Т.А. Солодова², К.М. Дегтяренко²,
Д.С. Табакаев², Е.Н. Понявина², В.И. Алексеева³,
Л.Е. Маринина³, Л.П. Саввина³

¹Институт молекулярной нанофотоники,
Карагандинский государственный университет им. Е.А. Букетова
100028, г. Караганда, ул. Университетская, 28

²Сибирский физико-технический институт им. В.Д. Кузнецова
Томского государственного университета
634050, г. Томск, пл. Новособорная, 1

³Федеральное государственное унитарное предприятие
Государственный научный центр НИОПИК
123995, г. Москва, ул. Б. Садовая, 1, корп. 4

Поступила в редакцию 28.03.2013 г.

Исследованы спектрально-люминесцентные и генерационные свойства хрома 3 (CAS № 52372-39-1) и хрома 13 (CAS № 52372-36-8) в растворах и твердотельных матрицах. Изучены закономерности их изменений в зависимости от строения молекул и межмолекулярных взаимодействий. Показано, что квантовый выход флуоресценции изученных соединений высок (0,9%). Изученные соединения излучают в красном диапазоне спектра в растворах, пленках и матрицах полиметилметакрилата (ПММА) (>600 нм). Эффективность преобразования (кпд) твердотельных активных сред на основе хрома 3 при накачке излучением 2-й гармоники АИГ-Nd³⁺ в поперечном варианте достигает 4%. Ресурс работы сравним с лучшими известными люминофорами, излучающими в красном диапазоне спектра (более 30 000 импульсов в одну точку при падении кпд на 5–10%). Для хрома 13 кпд преобразования в растворах и матрицах несколько ниже (28 и 21%), ресурс работы твердотельной активной среды остается высоким. Исследована возможность получения генерации изученных соединений в тонких пленках.

Ключевые слова: твердотельная активная среда, генерация, флуоресценция, ресурс работы, тонкопленочный лазер; solid state active media, lasing, fluorescence, operating lifetime, thin-film laser.

Введение

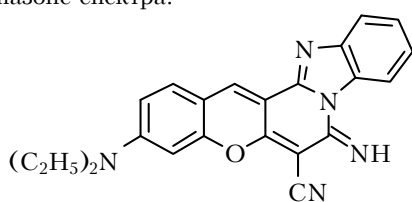
В последние годы в мире достигнуты большие успехи в области создания твердотельных активных перестраиваемых лазеров на основе органических соединений. Приоритет в этом направлении, несомненно, принадлежит Испании [1–3]. Разработаны твердотельные активные среды, излучающие в широком диапазоне спектра. Наиболее освоен желто-зеленый диапазон спектра (550–590 нм). Пиррометены, излучающие в матрицах в этом диапазоне

спектра, имеют эффективность преобразования и ресурс работы, не уступающие аналогичным характеристикам растворов. Этот класс соединений был синтезирован в 1984 г. [4], и с этого момента началось успешное создание на их основе твердотельных активных сред перестраиваемых лазеров, поскольку этот класс соединений хорошо растворим в мономерах, используемых для создания твердотельных матриц, имеет высокую эффективность преобразования лазерного излучения и фотостабильность. Синий и красный диапазоны спектра менее заполнены активными средами, но исследования в области их создания активно ведутся [5–13]. Создание твердотельных активных сред, излучающих в красном диапазоне спектра (более 600 нм), актуально в связи с решением ряда биологических задач, поскольку это излучение может глубоко проникать в биологические ткани. Излучение такого диапазона спектра используется в фотодинамической терапии рака.

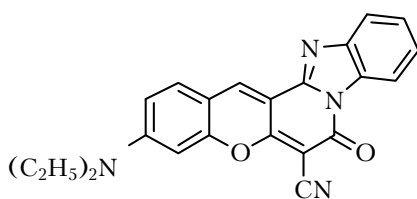
* Айтбек Калиевич Аймуханов; Ниязбек Хамзаулы Ибраев; Евгения Владимировна Селиверстова; Татьяна Николаевна Копылова (kopylova@phys.tsu.ru); Руслан Магомедтахирович Гадиров; Евгений Николаевич Тельминов (telminov@elephot.tsu.ru); Татьяна Александровна Солодова; Константин Михайлович Дегтяренко; Дмитрий Сергеевич Табакаев; Елена Николаевна Понявина; Вера Ивановна Алексеева; Любовь Егоровна Маринина; Любовь Прокофьевна Саввина.

В настоящее время в красном диапазоне спектра в матрицах излучают сульфородамин ($\lambda_{ген}$ 608 нм, кпд 46%), перилен красный ($\lambda_{ген}$ 618 нм, кпд 21%), родамин 640 ($\lambda_{ген}$ 640 нм, кпд 36%), LDS698 ($\lambda_{ген}$ 660 нм, кпд 21%), LDS730 ($\lambda_{ген}$ 730 нм, кпд 20%), LDS722 ($\lambda_{ген}$ 674 нм, кпд 23%) [5–13]. Ресурс работы твердотельных активных сред на их основе и эффективность преобразования требуют повышения для успешных практических применений.

В данной статье исследованы производные кумарина 7 – хромен 3 (3-диэтиламино-7-имино-7Н-хромен [3',2'-3,4] пиридо[1,2-а]-бензимидазол-6-карбонитрил) и хромен 13 (3-диэтиламино-7-оксо-7Н-хромено [3',2'-3,4]-пиридо[1,2а] бензимидазол-6-карбонитрил) (рис. 1), синтезированные по разработанным нами методикам [14], излучающие в красном диапазоне спектра.



Хромен 3



Хромен 13

Рис. 1. Структурные формулы исследованных соединений

Хромен 3 (3-диэтиламино-7-имино-7Н-хромен [3',2'-3,4] пиридо [1,2-а]-бензимидазол-6-карбонитрил) получали путем взаимодействия иминокумарина-7 с малонитрилом в изобутиловом спирте. Хромен 13 (3-диэтиламино-7-оксо-7Н-хромено [3',2'-3,4]-пиридо [1,2а]бензимидазол-6-карбонитрил) получали путем взаимодействия хромена 3 с концентрированной соляной кислотой при 100 °С в течение 3 ч.

Рассмотрены спектрально-люминесцентные свойства хроменов в различных растворителях. Синтезированы твердотельные активные среды на их основе в матрице модифицированного полиметилметакрилата (ПММА), а также исследованы их спектры генерации, эффективность преобразования, ресурс работы при лазерной накачке.

Методика эксперимента

Для измерения спектров поглощения использовали спектрофотометр CM2203, спектров флуоресценции – спектрофлуориметр Cary Eclipse Varian. Квантовые выходы флуоресценции (Φ_{fl}) красителей

измеряли относительно стандартов – этанольных растворов родамина 6Ж ($\Phi_{fl} = 0,94$) и родамина С ($\Phi_{fl} = 0,70$) [15]. Генерационные характеристики исследовали при возбуждении образцов второй гармоникой Nd:YAG-лазера (SOLAR LQ 129, λ 532 нм, $E_{имп}$ 100 мДж, $\tau_{имп}$ 10 нс) в поперечном варианте, описанном в работе [16]. Резонатор был образован глухим алюминиевым зеркалом и выходной гранью кюветы, излучение накачки фокусировалось на переднюю грань кюветы в полосу площадью 0,1 см². База резонатора составляла 3 см. Плотность мощности накачки варьировалась с помощью нейтральных фильтров и составляла 0,01–75 МВт/см². Спектры и форма импульса генерации были измерены оптоволоконным спектрометром AvaSpec-ULS2048 и цифровым осциллографом Tektronix TDS 2022В, энергетические характеристики определяли измерителями энергии Gentec DUO и OPHIR NOVA II с пьезоэлектрическими головками. Относительная погрешность определения энергетических характеристик составляет 1,5%, спектральных и временных 1 и 3% соответственно.

Спектрально-люминесцентные свойства

В табл. 1 приведены спектрально-люминесцентные характеристики хромена 3 и хромена 13 в различных растворителях.

Таблица 1

Спектрально-люминесцентные характеристики хромена 3 и хромена 13 в разных растворителях

Краситель	Растворитель	$\lambda_{погл}^{max}$, нм	λ_{fl}^{max} , нм	Φ_{fl}
Хромен 3	этанол	514, 551	573	0,99
	толуол	507, 546	561, 606	0,95
	хлорбензол	512, 551	566, 612	0,93
	тетрагидрофуран	509, 545	568	0,89
	диметилсульфоксид	516, 554	583	0,97
	ацетонитрил	509, 545	572	0,96
Хромен 13	этанол	516, 550	573	0,75
	толуол	510, 547	562, 607	0,78
	хлорбензол	512, 552	566, 608	0,43
	тетрагидрофуран	512, 541	567	0,98
	диметилсульфоксид	520, 553	577	0,49
	ацетонитрил	511, 545	571	0,8

На рис. 2 приведены спектры поглощения, флуоресценции и генерации исследованных соединений. Следует отметить, что соединения эффективно излучают в растворителях разной полярности. Квантовый выход флуоресценции хромена 3 изменяется в диапазоне 0,89–0,99, а для хромена 13 – в диапазоне 0,43–0,98. Длина волны излучения обоих соединений сдвигается при увеличении полярности растворителя в длинноволновую область спектра.

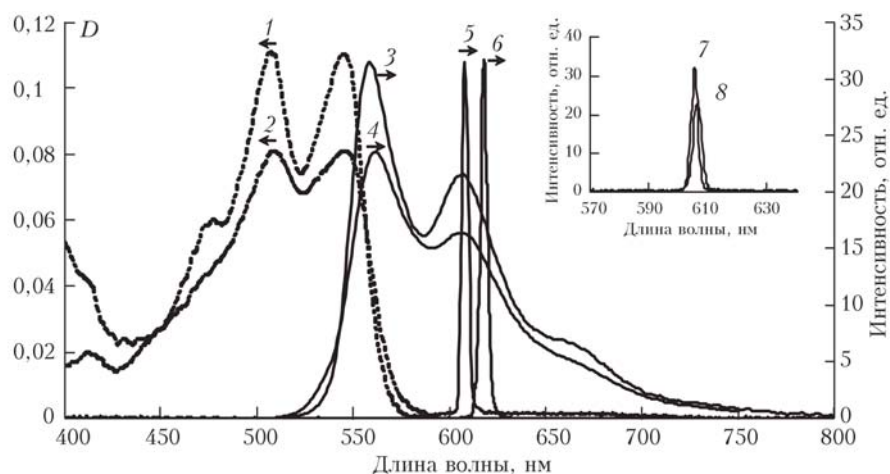


Рис. 2. Спектры поглощения (1, 2), флуоресценции (3, 4) и генерации (5, 6) исследованных соединений: 1, 3, 5 – хромен 3 в толуоле; 2, 4, 6 – хромен 13 в толуоле. На вставке генерация хромена 3 (7) и хромена 13 (8) в матрице ПММА

Пользуясь методикой, приведенной в [17, 18], определили разности дипольных моментов, разности квадратов дипольных моментов и на основании этих величин рассчитали дипольные моменты хроменов в основном и возбужденном состояниях, они составили 10,9 Д и 6,4 Д для хромена 3 и 11,5 Д и 7,8 Д (Д – дебай) для хромена 13 соответственно. Радиус полости, занимаемой молекулой, оценен из квантово-химических расчетов и составил 0,53 нм для обеих молекул.

Генерационные свойства

Генерационные характеристики хроменов в растворах и пленках приведены в табл. 2.

Таблица 2

Генерационные характеристики хроменов

Краситель	Среда	Генерационные характеристики, $C_{кр} = 10^{-3}$ моль/л			
		Порог генерации, МВт/см ²	кпд, %	$\lambda_{ген}$, нм	Длительность имп. $\tau_{0,5}$, нс
Хромен 3	толуол		40	609	11
	пленка сополимера	<0,01	–	606	10
	этанол	40		580	11
	матрица ПММА	45		605,5	10
Хромен 13	толуол		28	618	10
	пленка сополимера	0,2	–	605	9
	этанол		23	588	10
	матрица ПММА		16	606,5	10

Концентрации красителей в толуоле и этаноле составляли 10^{-3} моль/л. Для получения пленок использовался полимер поли(пропилметакрил-гептаизо-

бутил-ПОСС)-со-(трет-бутилметакрилата), где ПОСС – полиэдральный олигомерный силсесквиоксан, содержание которого в сополимере 15 вес.%. Пленки получены методом центрифугирования при скорости 2000 об/мин, после чего они высушивались при температуре 100 °С для удаления остатков растворителя. Толщина пленок равнялась ~100 нм. Пленки возбуждались в поперечном варианте, пропускание пленок составляло примерно 40% излучения накачки.

Из табл. 2 видно, что пороговый уровень плотности мощности накачки хроменов в растворе составляет от 0,01 до 0,2 МВт/см², КПД генерации хромена 3 в толуоле и этаноле – 40%, хромена 13 – 28 и 23% соответственно. При облучении растворов хроменов излучением лазера на длине волны 532 нм при плотности мощности накачки 9 МВт/см² и частотой повторения 2 Гц в течение 1 ч изменение КПД генерации не наблюдалось. В пленках КПД генерации этих соединений измерить не удалось вследствие больших потерь на пропускание излучения накачки в них. Тем не менее исследование в этом направлении будут продолжены в связи с актуальностью создания фотовозбуждаемых органических тонкопленочных лазеров, использование которых в усилении оптического сигнала представляется перспективным.

Синтезированы твердотельные матрицы на основе хроменов 3 и 13 (в основу синтеза положена методика А. Costela [19]). Для создания гибридных материалов были приготовлены смеси из метилметакрилата (ММА), инициатора реакции азобисизобутиронитрила (АИБН) и хроменов. Хромены и инициатор реакции использовались без дополнительной очистки, ММА предварительно перегонялся для удаления стабилизатора. Растворы в течение нескольких часов находились в вибросмесителях до полной растворимости компонентов, далее отфильтровывались на 0,2-мкм фильтрах, заливались в полиэтиленовые контейнеры диаметром 20 мм и продувались аргоном для удаления воздуха. Далее контейнеры помещались в водяной термостат со

следующим режимом изменения температуры: первые 2 сут поддерживалась температура 40 °С, следующие 3 сут 45 °С, затем каждые сутки температура поднималась на 5° до тех пор, пока не достигла 75 °С. Образцы остужались постепенно во избежание напряжений в объеме с шагом 5° в сутки. После этого материал извлекался из контейнеров и из него изготавливались лазерные элементы.

Механическая обработка полимерных заготовок производилась с учетом минимизации механических и температурных нагрузок. На первом этапе полимерная заготовка зажималась в цанговый держатель и из нее вырезался цилиндр длиной 11 мм. Эта операция проводилась на токарном станке с помощью дисковой фрезы толщиной 0,5 мм при скорости вращения 100 об/мин.

Для обеспечения параллельности граней операция проводилась без изменения крепления образца. Далее полученные заготовки шлифовались на шлифовально-полировальной машине Phoenix 4000 (Buehler). Последовательно использовались шлифовальные круги с размером абразива от 50 до 10 мкм. При этом скорость вращения диска составляла 50 об/мин, а сила прижима образцов 1 кг/см². Полировка полученных образцов проводилась на дисках trident polishing cloth алмазной пастой с размерами частиц 3 мкм. Финальная полировка осуществлялась на дисках mastertex с помощью полировальной жидкости с размерами частиц 0,05 мкм. Качество обработки и плоскостность получаемых активных образцов проверялись на микроскопе Centaurus и профилометре Thencor MicroXAM 100. Радиус кривизны плоскостей на рабочих ребрах образцов не превышал 0,5 мкм.

Генерация хроменов 3 и 13 как в растворах, так и в матрицах ПММА наблюдается на втором колебательном максимуме полосы флуоресценции ($\lambda_{ген} = 605 \pm 607$ нм) (рис. 2). Эффективность генерации хромена 3 в растворах и матрицах ПММА близка и составляет 40–45%. В хромене 13 эффективность преобразования ниже (20 и 16% для раствора и матрицы ПММА соответственно). Обращает на себя внимание зависимость кпд от плотности мощности возбуждающего излучения (рис. 3): кпд преобразования в матрицах меняется незначительно при повышении плотности мощности возбуждающего излучения до 80 МВт/см², что говорит о высокой прочности хроменов и требует продолжения исследования этого эффекта.

Обращает на себя внимание высокая фотостабильность твердотельных активных сред на основе хроменов. На рис. 4 приведена зависимость кпд от числа импульсов накачки в одну зону активной среды.

Видно, что число импульсов, при которых наблюдается падение кпд на 38% от первоначального значения, для хромена 3 составляет 80 000 импульсов. Эти результаты сравнимы с лучшими результатами по фотостабильности, полученными А. Costela для активных сред красного диапазона спектра. Для хромена 13 фотостабильность ниже

(40000 импульсов до падения кпд на 50%), однако следует заметить, что качество твердотельного образца требует оптимизации, и эта работа будет продолжена. Эффективность же преобразования твердотельной активной среды на основе хромена 3 выше достигнутой Costela в 2 раза.

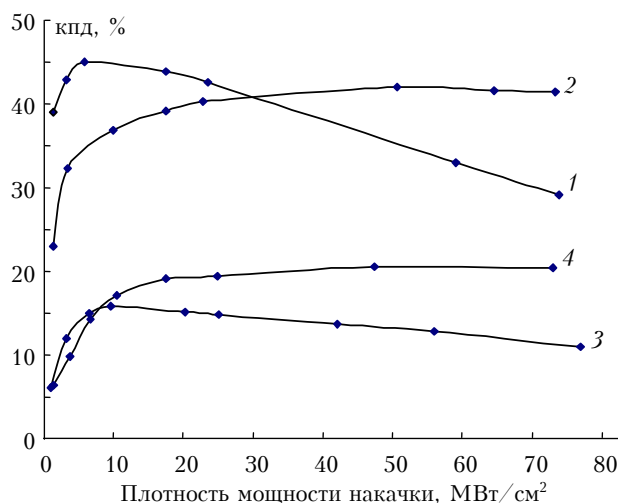


Рис. 3. Зависимости кпд генерации от плотности мощности накачки хромена 3 (кривые 1 и 2) и хромена 13 (кривые 3 и 4) в растворах (кривые 1 и 3) и в матрицах ПММА (кривые 2 и 4)

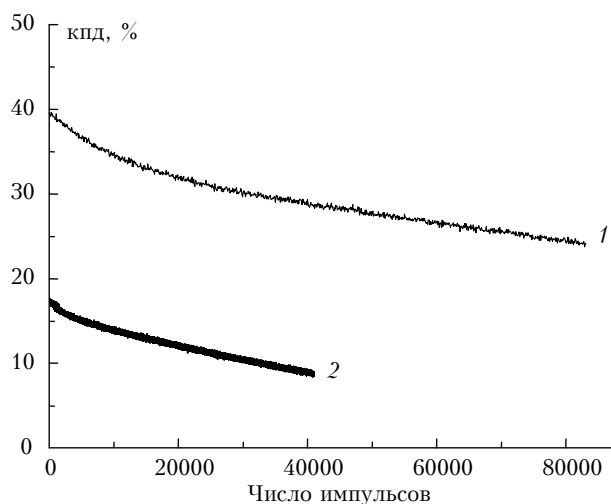


Рис. 4. Зависимость кпд генерации от числа возбуждающих импульсов в одну зону активной среды: 1 — хромен 3; 2 — хромен 13

Следует заметить, что эффективность преобразования хроменов неоптимизирована по добротности резонатора и будет скорректирована в дальнейших исследованиях. Так, замена неселективного алюминиевого зеркала на диэлектрическое с коэффициентом отражения на длине волны генерации, близком к 100%, приводит к повышению кпд генерации хромена 13 в растворе толуола с 20 до 28%.

Заключение

Таким образом, нами разработаны и синтезированы органические соединения, созданы твердотельные матрицы на их основе и исследованы спектрально-люминесцентные и генерационные свойства. Соединения излучают в красном диапазоне спектра, в связи с чем могут быть востребованы в биологии и медицине. Установлено, что соединения имеют длинноволновые полосы поглощения в диапазоне 540–550 нм и эффективно излучают в растворах и матрицах в диапазоне 560–618 нм. Рассчитаны дипольные моменты основного и возбужденного состояний хроменов из спектральных данных. Установлено, что изменение дипольного момента при переходе в возбужденное состояние составляет ~4 Д. Показано, что хромены эффективно генерируют излучение в растворах и генерация совпадает со вторым колебательным максимумом спектра флуоресценции. Твердотельные активные среды на их основе также эффективно генерируют излучение в диапазоне 605–607 нм, эффективность преобразования хромена 3 в растворах и матрицах составляет 40–46% и имеет ресурс работы, сравнимый с лучшими результатами, полученными в мире для твердотельных активных сред, излучающих в этом диапазоне спектра, в то время как эффективность преобразования существенно превышает достигнутые. Возможность получения генерации хроменов в тонких пленках позволяет надеяться на создание на их основе органических тонкопленочных лазеров [20], перспективных для использования в молекулярной сенсорике, оптических системах связи и т.д. Полученные результаты стимулируют дальнейшие исследования этого класса органических люминофоров.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 12-02-90903 моб_снг_ст и 12-02-00694-а), Министерства образования и науки Республики Казахстан (грант № 1196/ГФ).

1. *García-Moreno I., Wang L., Costela A., Bañuelos J., López-Arbeloa I., Xiao Y.* Synthesis and Optical and Redox Properties of Symmetric and Asymmetric BODIPYs // *Chem. Phys. Chem.* 2012. V. 13, N 17, P. 3923–3931.
2. *Enciso E., Martín V., Bañuelos J., Arbeloa I.L., Costela A., García-Moreno I.* Photophysical and lasing properties of Rhodamine 6G confined in polymeric nanoparticles // *J. Phys. Chem. C.* 2011. V. 115, N 10. P. 3926–3933.
3. *Bañuelos J., Arbeloa F.L., Liras M., Costela A., García-Moreno I., Arbeloa I.L.* Difluoro-boron-triaza-anthracene: a laser dye in the blue region. Theoretical simulation of alternative difluoro-boron-diaza-aromatic systems // *Phys. Chem. Chem. Phys.* 2011. V. 13, N 8. P. 3437–3445.
4. *Treibs A., Kreuzer F.-H.* Difluoroboryl-Komplexe von Di- und Tripyrrylmethenen // *Justus Liebigs Ann. Chem.* 1968. V. 718, N 1. P. 208–223.

5. *García-Moreno I., Costela A., Martín V., Pintado-Sierra M., Sastre R.* Materials for a Reliable Solid-State Dye Laser at the Red Spectral Edge // *Advan. Function. Materials.* 2009. V. 19, N 16. P. 2547–2552.
6. *Zhang D., Martín V., García-Moreno I., Costela A., Pérez-Ojeda M.E., Xiao Yi.* Development of excellent long-wavelength BODIPY laser dyes with a strategy that combines extending π -conjugation and tuning ICT effect // *Phys. Chem. Chem. Phys.* 2011. V. 13, N 28. P. 13026–13033.
7. *García-Moreno I., Costela A., Pintado-Sierra M., Martín V., Sastre R.* Enhanced laser action of Perylene-Red doped polymeric materials // *Opt. Express.* 2009. V. 17, N 15. P. 12777–12784.
8. *Cerdán L., Enciso E., Martín V., Bañuelos J., López-Arbeloa I., Costela A., García-Moreno I.* FRET Assisted Laser Emission in Colloidal Suspensions of Dye-Doped Latex Nanoparticles // *Nature Photonics.* 2012. V. 6, N 9. P. 621–626.
9. *Pérez-Ojeda M.E., Thüvierge C., Marting V., Costela A., Burgess K., García-Moreno I.* Highly efficient and photostable photonic materials from diiodinated BODIPY laser dyes // *Opt. Materials Express.* 2011. V. 1, N 2. P. 243–251.
10. *Xiao Y., Zhang D., Qian X., Costela A., García-Moreno I., Martín V., Pérez-Ojeda M.E., Bañuelos J., Gartzia L., Arbeloa I.L.* Unprecedented laser action from energy transfer in multichromophoric BODIPY cassettes // *Chem. Commun.* 2011. V. 47, N 41. P. 11513–11515.
11. *Shimizu S., Ino T., Araki Y., Kobayashi N.* Pyrrolopyrrole aza-BODIPY analogues: a facile synthesis and intense fluorescence // *Chem. Commun.* 2013. V. 49, N 16. P. 1621–1623.
12. *Shen Z., Röhr H., Rurack K., Uno H., Spieles M., Schulz B., Reck G., Ono N.* Boron-diindomethene (BDI) dyes and their tetrahydrobicyclo precursors – en route to a new class of highly emissive fluorophores for the red spectral range // *Chemistry-A European J.* 2004. V. 19, N 10. P. 4853–4871.
13. *García-Moreno I., Costela A., Pintado-Sierra M., Martín V., Sastre R.* Efficient Red-Edge Materials Photosensitized by Rhodamine 640 // *J. Phys. Chem. B.* 2009. V. 113, N 31. P. 10611–10618.
14. *Способ* получения 3-(бензозолил)-замещенных-7-диэтиламинокумаринов: Пат. 2095384, С09В57/02, Алексеева В.И., Каляя О.Л., Лукьянец Е.А., Маринина Л.Е., Саввина Л.П., Ткач И.И. Товарищество с ограниченной ответственностью Научно-производственная фирма «БЭТА», № 93035094/04, заявл. 06.07.1993, опубл. 10.11.1997.
15. *Sauers R.R., Husain S.N., Piechowski A.P., Bird G.R.* Shaping the absorption and fluorescence bands of a class of efficient, photoactive chromophores: synthesis and properties of some new 3h-xanthen-3-ones // *Dyes and pigments.* 1987. V. 8, N 1. P. 35–53.
16. *Копылова Т.Н., Ануфрик С.С., Майер Г.В., Солодова Т.А., Тельминов Е.Н., Дегтяренко К.М., Самсонова Л.Г., Гадиров Р.М., Никонов С.Ю., Понявина Е.Н., Тарковский В.В., Сазонко Г.Г.* Исследование характеристик твердотельных активных сред на основе шпррометена 567 // *Изв. вузов. Физ.* 2012. Т. 55, № 10. С. 32–37.
17. *Гадиров Р.М., Самсонова Л.Г., Копылова Т.Н., Селиванов Н.И., Хиля В.П., Ищенко В.В.* Спектрально-

- люминесцентные свойства замещенных 7-гидроксику-
марина и их сенсорные возможности // Изв. вузов.
Физ. 2013. Т. 56, № 2. С. 89–95.
18. *Golini C.M., Williams B.W., Foresman J.B.* Further
Solvatochromic, Thermochemical, and Theoretical Studies
on Nile Red // *J. of Fluorescence*. 1998. V. 8, N 4.
P. 395–404.
19. *Costela A., Garcia-Moreno I., Sastre R.* Polymeric solid-
state dye lasers: Recent developments // *Phys. Chem.*
Chem. Phys. 2003. V. 5, N 21. P. 4745–4763.
20. *Артюхов В.Я., Копылова Т.Н., Майер Г.В.* Комплекс-
ный подход к разработке и созданию активных сред
перестраиваемых лазеров // *Оптика атмосф. и океа-
на*. 2010. Т. 23, № 10, С. 913–918.

A.K. Aimukhanov, N.Kh. Ibrayev, E.V. Seliverstova, T.N. Kopylova, R.M. Gadirov, E.N. Telminov, T.A. Solodova, K.M. Degtyarenko, D.S. Tabakaev, E.N. Ponyavina, V.I. Alexeeva, L.E. Marinina, L.P. Savvina. **Spectral-luminescence and generation properties of organic luminophors of red range of spectra.**

Spectral-luminescent and lasing properties of chromene 3 (CAS No. 52372-39-1) and chromene 13 (CAS No. 52372-36-8) in solutions and solid matrices are investigated. The regularities of their changes depended on the molecular structure and intermolecular interactions have been studied. It is shown that the fluorescence quantum yields of the studied compounds are high (0.9%). The studied compounds emit in red spectral range in solutions, films and matrices of PMMA (> 600 nm). The lasing efficiency of solid active media based on chromene 3 pumped by the second harmonic of YAG-Nd³⁺ in transverse pumping reaches 45%. Operating lifetime is comparable to the best-known organic solid state active media that emit in the red spectral range (over 30,000 pulses at one point at decreased efficiency by 5–10%). For chromene 13 lasing efficiency in solutions and matrices is lower (28% and 21%), operating lifetime of the solid active medium is high. The possibility of obtaining the generation of the compounds in thin films was studied.