

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГАОУ ВО «СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»



УТВЕРЖДАЮ

Директор НОЦ «Институт
непрерывного образования»

Е.В. Мошкина

21» 07 / 2023 г.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПРОГРАММА
ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ

**«Люминесцентные материалы:
машинное обучение, синтез, свойства, применение»**

Красноярск 2023

I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММЫ

1.1. Аннотация программы

Программа повышения квалификации «Люминесцентные материалы: машинное обучение, синтез, свойства, применение» ориентирована на научно-педагогических работников, магистрантов, аспирантов, молодых ученых не только Сибирского федерального университета, но и других российских университетов и научных центров. Уникальность программы заключается в том, что лекции будут читаться коллективом из российских и иностранных учёных, каждый из которых является признанным специалистом в своей области. Каждый ученый сможет поделиться со слушателями своим ценным опытом работы в области люминесцентных материалов с использованием реальных практических примеров.

Обучение предполагает заочную форму проведения занятий в синхронном или асинхронном режиме с применением дистанционных образовательных технологий, в том числе на английском языке.

Программа структурирована по пяти направлениям, охватывающим разные области современных методов прогнозирования, синтеза, так и исследования свойств и применения новых люминесцентных материалов. Акцент сделан на закреплении теоретических знаний на конкретных практических примерах. Модульная структура программы позволяет получать знания в рамках прослушанного лекционного материала, а также способствует достижению планируемых результатов обучения и формированию компетенций научно-педагогических работников, включая молодых ученых, в области создания новых перспективных люминесцентных материалов для применения в разных областях народного хозяйства.

Обучение в рамках данной программы позволит слушателям расширить представление о современных направлениях развития и достижениях в таких областях материаловедения, как

- прогнозирование люминесцентных свойств твердых тел с использованием машинного обучения,
- твердотельный синтез люминесцентных материалов
- физико-химические методы контроля структуры и свойств новых материалов,
- применение перспективных люминесцентных материалов.

В результате прохождения программы слушатели лучше станут понимать механизмы и принципы создания и функционирования люминесцентных твердотельных материалов, объективно оценивать их перспективность и безопасность для применения в быту, промышленности, науке, агрокультуре и биомедицине.

1.2. Цель программы

Цель программы повышения квалификации — формирование компетенций научно-педагогических работников, включая молодых ученых, в области современных методов прогнозирования, синтеза, исследования и применения новых твердотельных люминесцентных материалов.

1.3. Компетенции (трудовые функции) в соответствии с профессиональным стандартом (формирование новых или совершенствование имеющихся)

Программа разработана на основе квалификационных характеристик должностей руководителей и специалистов высшего профессионального и дополнительного профессионального образования, утвержденных приказом Минздравсоцразвития РФ от 11 января 2011 г. № 1н (ред. от 9 апреля 2018 г.) (ЕКСД РФ); соответствует требованиям Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным профессиональным программам, утвержденного приказом Минобрнауки России от 1 июля 2013 г. № 499, приказа Минобрнауки России от 29 марта 2019 г. № 178, а также с учетом прогноза научно-технологического развития Российской Федерации до 2030 года.

Программа направлена на совершенствование компетенций (совершенствование способов и средств исполнения должностных обязанностей в соответствии с указанным выше разделом ЕКСД РФ) в части III «Должности профессорско-преподавательского состава»:

- ведет все виды учебных занятий, руководит курсовыми и дипломными проектами и научно-исследовательской работой обучающихся (студентов, слушателей), преимущественно магистров и специалистов;
- организует, руководит и ведет научно-исследовательскую работу по профилю кафедры (факультета);
- участвует в организуемых в рамках тематики направлений исследований кафедры семинарах, совещаниях и конференциях, включая международные;
- руководит работой по подготовке научно-педагогических кадров.

1.4. Планируемые результаты обучения

PO1. Описывать основные принципы машинного обучения, методы синтеза твердотельных материалов, анализа и исследования их свойств и параметров, а именно:

- основные механизмы твердотельной люминесценции и их классификацию, основные спектральные и фотофизические характеристики (PO1-1),
- принципы работы основных методов машинного обучения с учителем (нейросети, деревья решений, случайный лес и др.) и без учителя (метод главных компонент, неотрицательное матричное разложение, сбалансированная итеративная кластеризация и др.) (PO1-2),

- основные концепции, методы и технологии синтеза стекол, неорганических функциональных поликристаллических материалов, монокристаллических оптических материалов, проявляющих люминесцентные свойства (PO1-3),
- основные характеристики приборов для исследования физико-химических свойств люминесцентных твердотельных материалов, а также измеряемые параметры и их анализ в рамках абсорбционных и люминесцентных методов, дифференциально-термического метода, рентгеноструктурного метода, метода просвечивающей электронной микроскопии и тонкой структуры спектров поглощения рентгеновских лучей (XAFS) (PO1-4),
- основные светотехнические характеристики современных источников света с использованием люминофоров (PO1-5).

PO2. Анализировать преимущества и недостатки разных механизмов, принципов создания и методов исследования люминесцентных твердотельных материалов, а именно:

- интерпретировать электронные переходы, исходя из заданных характеристик (PO2-1),
- выявлять механизмы свечения в люминесцентных твердотельных материалах (PO2-2),
- понимать границы применимости основных методов машинного обучения, их преимущества и недостатки перед другими методами нахождения корреляций (PO2-3),
- выбирать корректный, сбалансированный набор данных, подходящий для машинного обучения (PO3-4),
- создавать модели с дальнейшей проверкой по корректным наборам данных с учетом гиперпараметров (PO2-5),
- выбирать способы получения конкретных соединений при возможности осуществления целенаправленного синтеза неорганических материалов, технологий роста монокристаллических оптических материалов и стекол (PO2-6),
- грамотно подбирать оптимальные условия проведения эксперимента с применением методов абсорбционного и флуоресцентного, дифференциально-термического, рентгеновского анализа и электронной микроскопии для исследования как состава, структуры разных видов твердого тела, так и их люминесцентных свойств (PO2-7).

PO3. Проверять на практике методы прогнозирования люминесцентных свойств, синтеза и анализа физико-химических свойств новых твердотельных материалов, а именно:

- применять диаграмму Яблонского и потенциальные кривые для обозначения процессов возбуждения и люминесценции (PO3-1),
- оценивать точность прогноза моделей и необходимость настройки гиперпараметров в модели для улучшения точности прогноза (PO3-2),

- применять основные методы синтеза стекол, поликристаллических и монокристаллических оптических материалов (РОЗ-3),
- делать выводы об информативности полученных в эксперименте результатов измерений (спектрально-фотофизических, дифференциально-термических, рентгеновских с учетом тонкой структуры, микроскопических) для извлечения качественных и количественных характеристик твердотельных материалов разных типов (РОЗ-4),
- измерять оптические характеристики световых приборов, созданных на основе люминесцентных материалов (РОЗ-5).

РО4. Оценивать перспективность и безопасность новых твердотельных люминесцентных материалов для применения в промышленности, науке, технике, медицине и сельском хозяйстве, а именно:

- выбирать люминесцентные материалы с оптимальными свойствами для разных областей применения (РО4-1),
- подбирать оптимальные параметры светового режима в быту, промышленности и медицине, а также для выращивания растений в искусственных условиях (РО4-2),
- рекомендовать потенциальные области практического применения люминесцентных твердотельных материалов в быту, промышленности, медицине, а также в тепличной индустрии (РО4-3).

1.5. Категория слушателей

Магистранты, аспиранты и научно-педагогические работники Сибирского федерального университета; магистранты, аспиранты и научно-педагогические работники других российских вузов и научных центров.

1.6. Требования к уровню подготовки поступающего на обучение

Высшее образование. Поступающему на обучение необходимо иметь задел знаний в материаловедении, а также в смежных областях; наличие опыта проведения научных исследований с использованием теоретических и экспериментальных методов; владение английским языком на уровне не ниже В1.

1.7. Продолжительность обучения: 54 часа.

1.8. Форма обучения: заочная с применением дистанционных образовательных технологий.

1.9. Требования к материально-техническому обеспечению, необходимому для реализации дополнительной профессиональной программы повышения квалификации (требования к аудитории, компьютерному классу, программному обеспечению)

Компьютер с выходом в Интернет. Программное обеспечение (обновленное до последней версии): MS PowerPoint, Adobe Acrobat, браузер, Zoom, текстовый редактор.

1.10. Особенности (принципы) построения дополнительной профессиональной программы повышения квалификации

Особенности построения программы повышения квалификации «Люминесцентные материалы: машинное обучение, синтез, свойства, применение»:

- лекции читают признанные специалисты российского и мирового уровня в своей научной области;
- обучение проводится на русском и английском языках;
- модульная структура программы;
- в основу проектирования программы положен компетентностный подход;
- акцент сделан на закреплении теоретических подходов на конкретных практических примерах;
- вовлечение слушателя в процесс подачи лекционного материала в виде дискуссии, требующей практического применения знаний и умений, полученных в ходе изучения взаимосвязанных тем по пяти направлениям (модулям);
- использование информационных и коммуникационных технологий, в том числе современных систем технологической поддержки процесса обучения, обеспечивающих комфортные условия для обучающихся, преподавателей;
- применение электронных образовательных ресурсов (дистанционное, электронное, комбинированное обучение и пр.).

В поддержку программы повышения квалификации разработан электронный курс в системе электронного обучения СФУ «e-Курсы» (<https://e.sfu-kras.ru/>), где будут выложены видеолекции и тесты по каждой теме.

1.11. Документ об образовании: удостоверение о повышении квалификации установленного образца.

II. ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

2.1. Учебно-тематический план

№ п/п	Наименование и содержание разделов и тем программы	Всего часов	В том числе:		Использование средств ЭО и ДОТ	Результаты обучения
			Контактная работа	Самостоятельная работа		
1.	Особенности люминесценции твердых тел	6	4	2	Сервис видеоконференций Zoom (https://zoom.us/), электронный курс (https://e.sfu-kras.ru)	PO1-1, PO2-1, PO2-2, PO3-1
1.1.	Основные понятия люминесценции	3	2	1		
1.2.	Механизмы люминесценции в твердом теле	3	2	1		
2.	Прогнозирование люминесцентных свойств твердых тел	10	6	4	Сервис видеоконференций Zoom (https://zoom.us/), электронный курс (https://e.sfu-kras.ru)	PO1-2, PO2-3, PO2-4, PO2-5, PO3-2
2.1.	Машинное обучение с учителем	6	4	2		
2.2.	Машинное обучение без учителя	4	2	2		
3.	Синтез люминесцентных материалов	12	8	4	Сервис видеоконференций Zoom (https://zoom.us/), электронный курс (https://e.sfu-kras.ru)	PO1-3, PO2-6, PO3-3
3.1.	Стекла	3	2	1		
3.2.	Поликристаллические материалы	6	4	2		
3.3.	Монокристаллические материалы	3	2	1		
4.	Физико-химические методы исследования	16	11	5	Сервис видеоконференций Zoom (https://zoom.us/), электронный курс (https://e.sfu-kras.ru)	PO1-4, PO2-7, PO3-4, PO4-1
4.1	Абсорбционный и люминесцентный анализ	3	2	1		
4.2	Дифференциально-термический анализ	3	2	1		
4.3	Рентгеноструктурный анализ	4	3	1		
4.4	Тонкая структура поглощения рентгеновских лучей (XAFS)	3	2	1		
4.5	Просвечивающая электронная микроскопия	3	2	1		
5.	Применение перспективных люминесцентных материалов	6	4	2	Сервис видеоконференций	PO1-5, PO2-5,

№ п/п	Наименование и содержание разделов и тем программы	Всего часов	В том числе:		Использование средств ЭО и ДОТ	Результаты обучения
			Контактная работа	Самостоятельная работа		
5.1.	Люминесцентные материалы в быту, промышленности и медицине	3	2	1	Zoom (https://zoom.us/), электронный курс (https://e.sfu-kras.ru)	PO3-5, PO4-2, PO4-3
5.2.	Световые технологии в тепличной индустрии	3	2	1		
6.	Итоговая аттестация	4	2	2		PO1–PO4
	ИТОГО	54	35	19		

2.2. План учебной деятельности

Результаты обучения	Учебные действия / формы текущего контроля	Используемые ресурсы/ инструменты/ технологии
PO1. Описывать основные принципы машинного обучения, методы синтеза твердотельных материалов, анализа и исследования их свойств и параметров	Прослушивание видеолекций в синхронном или асинхронном режиме с применением дистанционных технологий по пяти направлениям (модулям)	MS PowerPoint, Adobe Acrobat, Zoom, материалы электронного курса
PO2. Анализировать преимущества и недостатки разных механизмов, принципов создания и методов исследования люминесцентных твердотельных материалов	Конспектирование основных идей и тезисов по материалам лекций. Для лекций в синхронном режиме обсуждение и анализ полученной информации в рамках прослушанных тем путем задавания 2-3 вопросов. Для лекций в асинхронном режиме прохождение теста, состоящего из 10 вопросов	Обсуждение, дискуссия, тест MS PowerPoint, Adobe Acrobat, Zoom, материалы электронного курса
PO3. Проверять на практике методы прогнозирования люминесцентных свойств, синтеза и анализа физико-химических свойств новых твердотельных материалов	Конспектирование основных идей и тезисов по материалам лекций. Для лекций в синхронном режиме обсуждение и анализ полученной информации в рамках прослушанных тем путем задавания 2-3 вопросов. Для лекций в асинхронном режиме прохождение теста, состоящего из 10 вопросов	Обсуждение, дискуссия, тест MS PowerPoint, Adobe Acrobat, Zoom, материалы электронного курса

Результаты обучения	Учебные действия / формы текущего контроля	Используемые ресурсы/ инструменты/ технологии
<p>PO4. Оценивать перспективность и безопасность новых твердотельных люминесцентных материалов для применения в промышленности, науке, технике, медицине и сельском хозяйстве</p>	<p>Конспектирование основных идей и тезисов по материалам лекций. Для лекций в синхронном режиме обсуждение и анализ полученной информации в рамках прослушанных тем путем задавания 2-3 вопросов. Для лекций в асинхронном режиме прохождение теста, состоящего из 10 вопросов</p>	<p>Обсуждение, дискуссия, тест MS PowerPoint, Adobe Acrobat, Zoom, материалы электронного курса</p>

2.3. Виды и содержание самостоятельной работы

Самостоятельная работа в рамках курса включает:

1. Самостоятельное закрепление теоретического материала, рассказанного на лекциях, путем изучения предложенной в рамках программы литературы по темам лекций.
2. Формулирование двух-трех вопросов или аргументов после прослушивания лекции в синхронном режиме.
3. Выполнение предложенных на лекциях заданий в рамках обсуждения.

III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

3.1. Учебно-методическое обеспечение, в т.ч. электронные ресурсы в корпоративной сети СФУ и сети Интернет

Темы 1.1 и 1.2

1. Jaffe H.H., Miller A.L. The fates of electronic excitation energy // J. Chem. Educ. – 1966. – Vol. 43 (9). – P. 469-473 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1021/ed043p469>.

2. Priestley E.B., Haug A. Phosphorescence spectrum of pure crystalline naphthalene // J. Chem. Phys. – 1968. – Vol. 49. – P. 622-629 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1063/1.1670118>.

3. Ronda C. Luminescence: from theory to applications, Wiley Publications, 2007.

4. Shinde K.N., Dhoble S.J., Swart H.C., Park K. Basic mechanisms of photoluminescence. In: Phosphate phosphors for solid-state lighting. – Berlin, Heidelberg: Springer Series in Materials Science, 2012. – Vol. 174. – URL: https://doi.org/10.1007/978-3-642-34312-4_2.

Темы 2.1 и 2.2

5. Brownlee J. Machine learning mastery with Python: Understand your data, create accurate models and work projects end-to-end. Machine learning mastery. – Independently published, 2021. – 176 p. – URL: <https://machinelearningmastery.com/>.

6. Hackeling G. Mastering machine learning with scikit-learn. – Packt Publishing, 2014. – 238 p.

7. Breiman L. Classification and regression trees. – New York: Routledge, 2017. – 368 p.

8. Коллекция видеороликов доктора Стива Брантона, посвященных обучению с подкреплением, гидродинамике на основе данных и машинному обучению, основанному на физике. – URL: <https://www.youtube.com/@eigensteve>.

Тема 3.1

9. Rao K.J. Structural chemistry of glasses. – Elsevier, 2002.

Тема 3.2

10. Третьяков Ю.Д. Развитие неорганической химии как фундаментальной основы создания новых поколений функциональных материалов // Усп. хим. – 2004. – Т. 73(9). – С. 899–91 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1070/RC2004v073n09ABEH000914>.

11. Куприянов М.Ф., Кабиров Ю.В. Физико-химические основы создания активных материалов: учебник. – Ростов-н/Д.: Изд-во Южного федерального университета, 2011. – 278 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bik.sfu-kras.ru/elib/view?id=LANY-04.04.02/K%20924-784417715>.

Тема 3.3

12. Weber M.J. Handbook of optical materials. – Boca Raton: CRC Press, 2002. – 536 p.

13. Springer handbook of crystal growth / G. Dhanaraj, K. Byrappa, V. Prasad, M. Dudley eds. – Springer, 2010.

Тема 4.1

14. Лакович Дж. Основы флуоресцентной спектроскопии. – Москва: Мир, 1986. – 496 с.

15. Слюсарева Е.А., Герасимова М.А., Слюсаренко Н.В. Оптическая спектроскопия: сложные молекулы: учеб. пособие. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2018. – 116 с.

Тема 4.2

16. Емелина А.Л. Дифференциальная сканирующая калориметрия. – М.: лаборатория химического факультета МГУ, 2009. – 42 с. – URL: <https://td.chem.msu.ru/uploads/files/courses/special/expmethods/dsc-metod.pdf>.

Тема 4.3

17. Коллекция открытого доступа кристаллических структур органических, неорганических, металлоорганических соединений и минералов, кроме биополимеров. – URL: <http://www.crystallography.net/cod/>.

18. Обширная база данных нескольких классов материалов с визуализацией, их свойств и применения для специалистов в области материаловедения, физики, химии, инженерии. – URL: <https://materials.springer.com/>.

19. Крупнейшая в мире база данных полностью идентифицированных неорганических кристаллических структур. – URL: <https://icsd.products.fiz-karlsruhe.de/>.

20. Бесплатный сервис CCDC и FIZ Karlsruhe для просмотра и извлечения структур. – URL: <https://www.ccdc.cam.ac.uk/structures/>

21. Международный центр данных порошковой дифракции для идентификации материалов. – URL: <https://www.icdd.com/>.

Тема 4.4

22. Ravel B. A practical introduction to multiple scattering theory // J. Alloys Compd. – 2005. – Vol. 401. – P. 118–126. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2005.04.021>.

23. Bunker G. Introduction to XAFS: A practical guide to X-ray absorption fine structure spectroscopy. – Cambridge: Cambridge University Press, 2010.

Тема 4.5

24. Синдо Д., Оикава Т. Аналитическая просвечивающая электронная микроскопия для материаловедения. – М.: Изд-во «Техносфера», 2006. – 256 с.

25. Фульц Б., Хау Дж.М. Просвечивающая электронная микроскопия и дифрактометрия материалов. – М.: Изд-во «Техносфера», 2011. – 904 с.

Тема 5.1

26. Leverenz H.W. An introduction to luminescence of solids. – New York: Dover Publications, 1968. – 569 p.

27. Yukihiro E.G., McKeever S.W.S. Optically stimulated luminescence: Fundamentals and applications. – Wiley, 2011. – 384 p.

Тема 5.2

28. Тихомиров А.А., Шарупич В.П., Лисовский Г.М. Светокультура растений: биофизические и биотехнологические основы: учеб. пособие. – Новосибирск: Изд-во Сибирского отделения Российской Академии наук, 2000. – 213 с.

29. Gómez C., Gennaro Izzo L. Increasing efficiency of crop production with LEDs // AIMS Agriculture and Food. – 2018. – Vol. 3. – P. 135-153. – URL: <https://doi.org/10.3934/agrfood.2018.2.135>.

3.2. Программное обеспечение (информационные обучающие системы, системы вебинаров, сетевые ресурсы хостинга видео, изображений, файлов, презентаций и др.)

1. Полнотекстовая база данных Science Direct [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com>.

2. Бесплатная поисковая система по полным текстам научных публикаций всех форматов и дисциплин Google Scholar [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://scholar.google.ru/schhp?hl=ru>.

3. Библиотечный фонд Научная библиотека СФУ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bik.sfu-kras.ru>.

4. Сервис видеотелефонии Zoom [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://explore.zoom.us/ru/products/meetings/>.

5. Российская научная электронная библиотека, интегрированная с Российским индексом научного цитирования eLibrary.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/defaultx.asp>.

IV. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

4.1. Формы аттестации, оценочные материалы, методические материалы

Обучение по программе повышения квалификации предполагает участие в лекционных занятиях в синхронном режиме с обязательной обратной связью в виде формулировки 2–3 вопросов и обсуждения темы как индивидуально, так и в группе, а для лекционных занятий в асинхронном режиме — выполнение предложенного по каждой теме теста, состоящего из 10 вопросов.

Текущий контроль слушателей проводится для синхронного режима занятий на основе оценки активности и участия в дискуссиях в ходе лекций, а также качества сформулированных вопросов и предложений по разобранным темам; для синхронного режима занятий на основе результатов теста (6–7 правильных ответов 10 вопросов).

4.2. Требования и содержание итоговой аттестации

Основанием для итоговой аттестации является написанный отчет о полученных в ходе обучения по программе знаниях, методах и приложениях по выбранной теме, которые слушатель в дальнейшем может использовать в своей педагогической и научной деятельности.

Программу составила:

Старший преподаватель кафедры
общей физики Института инженерной
физики и радиоэлектроники СФУ



М.А. Герасимова

Руководитель программы:

Д-р физ.-мат. наук, профессор базовой кафедры
фотоники и лазерных технологий,
заместитель директора по научной работе
Института инженерной физики
и радиоэлектроники СФУ



Е.А. Слюсарева

Наши лекторы



Молокеев Максим Сергеевич (темы 2.1, 2.2, 4.3)

Кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник лаборатории кристаллофизики Института физики им. Киренского КНЦ СО РАН, доцент кафедры физики твердого тела и нанотехнологий СФУ.

Специалист в области рентгеноструктурного анализа и машинного обучения.

<https://scholar.google.ru/citations?user=9LooE0cAAAAJ&hl=ru>

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6508381065>

h-индекс 69



R. Raja Rajaramakrishna (темы 1.1, 1.2, 3.1, 4.4, 5.1)

PhD, научный сотрудник лаборатории нанотехнологий, спектроскопии и квантовой химии базовой кафедры фотоники и лазерных технологий СФУ.

Специалист в области физики и химии стекла, фото/рентгеновской люминесценции и структурного анализа материалов.

<https://scholar.google.com/citations?user=yePc9nUAAAAJ&hl=en>

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=49864195200>

h-индекс 24



Жарков Сергей Михайлович (тема 4.5)

Доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Института физики им. Киренского КНЦ СО РАН, профессор кафедры материаловедения и технологий обработки материалов СФУ.

Специалист в области электронной микроскопии.

<https://scholar.google.com/citations?user=E8xvvGkAAAAJ&hl=ru&oi=sra>

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57200050208>

h-индекс 16

Денисова Любовь Тимофеевна (тема 3.2)

Кандидат химических наук, заведующая кафедрой физической и неорганической химии СФУ.

Специалист в области термохимии, химии поверхностных явлений.

<https://scholar.google.ru/citations?user=fwRbznEAAAAJ&hl=ru>

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=36088447000>

h-индекс 9



Тихомиров Александр Аполлинарьевич (тема 5.2)

Доктор биологических наук, заведующий лабораторией управления биосинтезом фототрофов Института биофизики СО РАН.

Специалист в области светокультуры растений, космического растениеводства и фитоактинометрии.

https://ksc.krasn.ru/scientific-innovative-activity/laboratories-and-research-departments/employee/tikhomirov-alexander-apolinarevich/?sphrase_id=18296
<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=16527791500>

h-индекс 14



Слюсарева Евгения Алексеевна (тема 4.1)

Доктор физико-математических наук, профессор кафедры фотоники и лазерных технологий СФУ, заместитель директора по научной работе.

Специалист в области оптической спектроскопии.

<https://scholar.google.ru/citations?user=DnwOAC0AAAAJ>
<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=23006836900>

h-индекс 12



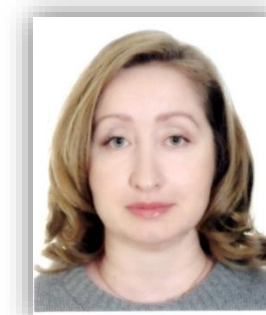
Шайхутдинов Кирилл Александрович (тема 3.3)

Кандидат физико-математических наук, заведующий лабораторией сильных магнитных полей Института физики им. Киренского КИЦ СО РАН.

Специалист в области физики конденсированного состояния вещества и физики низких температур.

<https://scholar.google.com/citations?user=JnBTnesAAAAJ&hl=ru>
<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=12647384800>

h-индекс 12



Иртыуго Лилия Александровна (тема 4.2)

Кандидат химических наук, доцент кафедры физической и неорганической химии СФУ.

Специалист в области химической термодинамики и кинетики.

<https://scholar.google.ru/citations?user=Ox8eWz4AAAAJ>
<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=36164911000>

h-индекс 9