

МЕТОДИЧЕСКИЙ ОТДЕЛ

УДК 539.1.06

ПОДГОТОВКА МЕДИЦИНСКИХ ФИЗИКОВ ДЛЯ КЛИНИЧЕСКИХ БАЗ В МОСКОВСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ УНИВЕРСИТЕТЕ ИМЕНИ М. В. ЛОМОНОСОВА

А. П. Черняев¹, У. А. Близнюк², П. Ю. Борщеговская³,
С. М. Варзарь⁴, В. В. Розанов⁵, Г. А. Крусанов⁶, А. А. Белянов⁷

¹Черняев Александр Петрович, доктор физико-математических наук, заведующий кафедрой физики ускорителей и радиационной медицины; заведующий лабораторией пучковых технологий и медицинской физики, Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д. В. Скобельцына, Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, a.p.chernyev@yandex.ru

²Близнюк Ульяна Александровна, кандидат физико-математических наук, младший научный сотрудник лаборатории пучковых технологий и медицинской физики, Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д. В. Скобельцына, Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, uabliznyuk@gmail.com

³Борщеговская Полина Юрьевна, кандидат физико-математических наук, ассистент кафедры физики ускорителей и радиационной медицины, Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, alexeevapo@mail.ru

⁴Варзарь Сергей Михайлович, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физики ускорителей и радиационной медицины, Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, varzar@physics.msu.ru

⁵Розанов Владимир Викторович, доктор биологических наук, профессор кафедры физики ускорителей и радиационной медицины, Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, vrozanov@mail.ru

⁶Крусанов Григорий Андреевич, аспирант кафедры физики ускорителей и радиационной медицины, Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, krusanov@physics.msu.ru

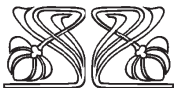
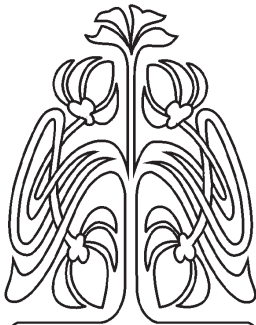
⁷Белянов Александр Александрович, младший научный сотрудник кафедры физики ускорителей и радиационной медицины, Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, belyanov@cern.ch

В статье обсуждается проблема подготовки специалистов в области медицинской физики для работы в клинических учреждениях на современном медицинском оборудовании для диагностики и лечения различных заболеваний, в том числе онкологических. Описывается опыт подготовки студентов и проведения курсов повышения квалификации в данной области на кафедре физики ускорителей и радиационной медицины физического факультета Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова (МГУ). Обучение студентов проводится в рамках сотрудничества с факультетом фундаментальной медицины МГУ, НИИ ядерной физики имени Д. В. Скобельцына МГУ и компаниями-производителями высокотехнологического оборудования для лучевой терапии.

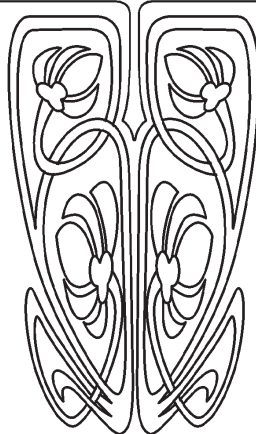
Ключевые слова: медицинская физика, ядерная медицина, лучевая терапия, обучение, курсы повышения квалификации.

DOI: 10.18500/1817-3020-2016-16-4-238-243

Применение последних достижений ядерной и ускорительной физики в медицине является одним из эффективных направлений развития методов лечения и диагностики заболеваний. Особенно



МЕТОДИЧЕСКИЙ
ОТДЕЛ





заметна роль ядерно-физических технологий в области онкологии.

Сегодня медицина имеет в своем распоряжении достаточно большой арсенал физических технологий и оборудования для диагностики, профилактики и терапии заболеваний: широкий спектр ионизирующих излучений (рентгеновское, гамма-излучение, электроны, протоны, тяжелые ионы, нейтроны и т.д.); различная ускорительная техника, гамма-терапевтические аппараты, оборудование для радиохирургии, нейтронные генераторы, открытые и закрытые радионуклидные источники и т.д.; различные средства медицинской визуализации (ультразвуковое исследование, рентгенография, рентгеновская компьютерная томография, магнитно-резонансная томография, однофотонная эмиссионная компьютерная томография, позитронная эмиссионная томография и др.); источники оптического излучения (например, лазеры), ультразвук, магнитные поля.

Несмотря на значительное переоснащение российских медицинских центров новейшими аппаратами в последние годы, количественные показатели, нормированные на число жителей страны, до сих пор значительно отличаются от показателей других стран. Так, в России один медицинский ускоритель приходится примерно на 1.5 млн жителей, а в США и в странах Европейского союза – на 80 тыс. и 100 тыс. человек соответственно. В мире лучевую терапию проходят 70% онкологических больных, а в России – около 30% больных, причем в большинстве случаев на кобальтовых источниках [1–3].

Проведенные оценки [4,5] показывают, что для достижения показателей, близких к европейским, в России необходимо иметь около 1000 ускорителей электронов и 30 ускорителей для протонной лучевой терапии, а также 4 центра ионной лучевой терапии. В диагностическом оборудовании на данный момент потребности примерно составляют: гамма-камеры – 300, компьютерные томографы – 140, позитронные эмиссионные томографы – 100, магнитно-резонансные томографы – 1400.

Одна из проблем, возникающая в клинике в данном направлении, связана с отсутствием специалистов, которые могут работать на поставляемом оборудовании. В первую очередь речь идет о медицинских физиках, которые отвечают за обеспечение требований точности при подведении требуемой дозы ионизирующего излучения к опухоли с минимальным поражением

соседних здоровых тканей, за гарантию качества и безопасность лучевого лечения.

Так, для эффективной работы по лучевому лечению пациентов необходимо слаженное взаимодействие врача и медицинского физика. Основные задачи в системе реализации лучевой терапии, за которые ответственны медицинские физики:

- измерения, связанные с оценкой дозы, подводимой к опухоли;
- уменьшение дозы общего облучения пациента без ущерба для диагностического процесса;
- тестирование оборудования для гарантии качества диагностического изображения или точности лечения;
- контроль радиационной защиты установок;
- дозиметрическое планирование облучения пациента.

Для успешной работы такого специалиста необходимы очень специфическая широкая и глубокая подготовка.

В настоящее время на 140 отделений лучевой терапии онкологических клиник России приходится около 300 штатных сотрудников, исполняющих обязанности медицинских физиков, хотя по европейским показателям стране необходимо 1500 квалифицированных медицинских физиков, т.е. в 5 раз больше [3, 4]. Проблемой является не только отсутствие соответствующих штатных единиц, но и квалификация специалистов, которые могут их занимать.

Понимание этого имеется и в медицинских, и в научно-образовательных кругах. Лидерами подготовки медицинских физиков в России являются физический факультет Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова (МГУ) и Национальный исследовательский ядерный университет «Московский инженерно-физический институт», где целевые учебные программы развиваются с 1990-х годов.

Медицинская проблематика присутствует в научной тематике многих кафедр физического факультета МГУ (рис. 1). Однако специальная подготовка студентов МГУ по медицинской физике осуществляется только на двух кафедрах: кафедре медицинской физики и кафедре физики ускорителей и радиационной медицины. Если использовать термин «медицинские физики» в отношении специалистов, работающих с ионизирующим излучением, то это кафедра физики ускорителей и радиационной медицины.



Рис. 1. Подготовка студентов на кафедрах физического факультета Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова в области медицинской физики

Образование медицинского физика складывается из трех составляющих: первое – это обучение базовым знаниям по физике, математике и другим естественно-научным и гуманитарным дисциплинам; второе – в программу обучения входят предметы медицинской, биологической и молекулярной физики, и третье – проведение научно-исследовательских практических занятий в лабораториях или лечебных учреждениях.

На кафедре физики ускорителей и радиационной медицины подготовка студентов начинается с третьего курса бакалавриата (четыре семестра)

и продолжается до второго года обучения в магистратуре (четыре семестра). В процессе обучения студенты осваивают теоретический материал, занимаются в специальном практикуме, выполняют научно-исследовательскую работу и на заключительном этапе бакалавриата, а затем магистратуры представляют дипломные проекты. Рабочие планы кафедры включают 28 оригинальных спецкурсов по дисциплинам специализации. Часть лабораторных заданий студенты выполняют на действующем клиническом оборудовании (рис. 2).

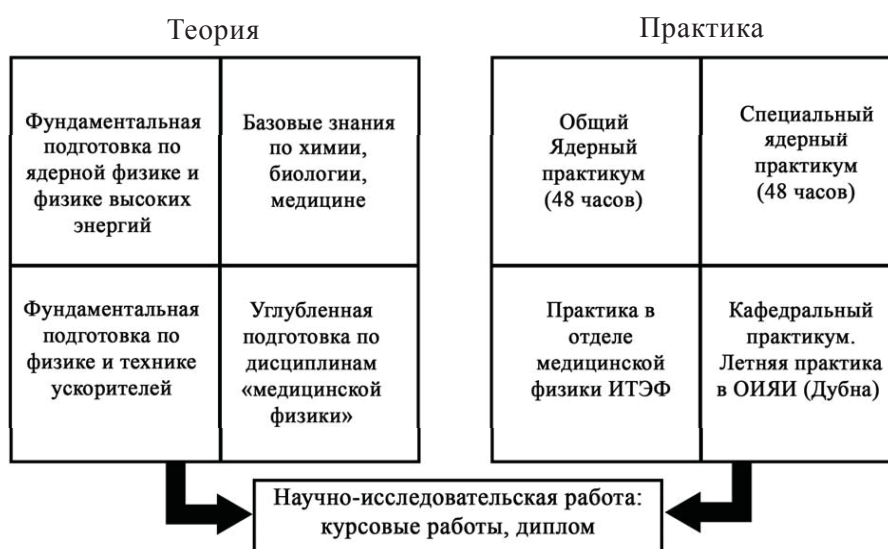


Рис. 2. Профессиональная подготовка студентов на кафедре физики ускорителей и радиационной медицины



Отличительной чертой учебного плана кафедры является летняя учебная практика по медицинской физике. Практика проводится в течение 14 дней в Дубне на базе Объединенного института ядерных исследований и филиала Научно-исследовательского института ядерной физики имени Д. В. Скобельцына МГУ. План практики составлен таким образом, чтобы за время ее прохождения студенты получили базовые знания по медицинской физике и были подготовлены к изучению на старших курсах более сложных дисциплин. Также в ходе практики у студентов есть уникальная возможность посетить научные лаборатории, реактор, циклотрон, синхрофазотрон и другие ускорители, работающие в Дубне. По итогам практики студенты сдают зачет в виде выполнения курсовой работы. Дипломные работы студенты кафедры выполняют в МГУ и исследовательских центрах Москвы и Московской области: физический факультет и факультет фундаментальной медицины Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова, Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д. В. Скобельцына МГУ, Институт теоретической и экспериментальной физики имени А.И. Алиханова, Научно-исследовательский институт нейрохирургии имени Н. Н. Бурденко, Московский научно-исследовательский онкологический институт имени П. А. Герцена (МНИОИ), Российский онкологический научный центр имени Н. Н. Блохина, Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова, Объединённый институт ядерных исследований (Дубна), Институт физики высоких энергий (Протвино), Государственный научный центр «Институт биофизики», Российский научный центр рентгенодиагностики, Городская клиническая больница № 57, Московский областной онкологический диспансер, Клиника ОАО «Медицина», Научно-исследовательский институт общей реаниматологии, Федеральный медицинский биофизический центр имени А. И. Бурназяна и других.

Выпуск специалистов на кафедре физики ускорителей и радиационной медицины физического факультета МГУ составил в 2005–2014 гг. 82 человека, из них 40 остались в специальности после обучения.

С 2012 г. МГУ совместно с МНИОИ им. П. А. Герцена при поддержке компаний «МСМ-Медимпэкс» и «EЛЕКТА» организует краткосрочные курсы повышения квалификации «Физика радиационной медицины». Основной целью курсов является повышение качества профессиональной подготовки специалистов,

которые обеспечивают в медицине физико-математическое или техническое сопровождение методов ядерной медицины, лучевой диагностики и терапии. Программа подготовки позволяет систематизировать теоретические знания студентов и совершенствовать базовые практические навыки, необходимые для работы на высокотехнологичном медицинском оборудовании.

Обучение осуществляется преподавателями Московского университета в сотрудничестве со специалистами МНИОИ имени П. А. Герцена, компании «МСМ-Медимпэкс» и компании «EЛЕКТА». Занятия проводятся на базе Научно-исследовательского института ядерной физики имени Д. В. Скобельцына МГУ и МНИОИ имени П. А. Герцена. Программа курсов включает лекции, семинары, практические занятия в учебных и научно-исследовательских лабораториях, практикум на системах лучевого планирования, практические занятия в клинических отделениях и лабораториях. Практикум в учебных и научно-исследовательских лабораториях МГУ направлен на закрепление теоретических знаний по разделам программы. Практические занятия по клинической дозиметрии и гарантии качества в клинических отделениях и лабораториях организованы в МНИОИ имени П. А. Герцена и направлены на освоение навыков практической работы на действующем высокотехнологичном медицинском оборудовании.

В основные тематические разделы программы курсов входят:

- организация радиотерапевтической помощи в РФ;
- основы организации физико-технического сопровождения лучевой терапии и ядерной медицины;
- физика взаимодействия излучений с веществом;
- радиационная безопасность при работе с источниками ионизирующего излучения;
- общие принципы и методы диагностики и лечения злокачественных опухолей;
- клиническая дозиметрия;
- медицинские ускорители и методы формирования радиотерапевтических пучков;
- гарантия качества в лучевой терапии;
- лучевое планирование.

По окончании курсов студентам выдается удостоверение государственного образца. С октября 2012 г. по программе прошли обучение 37 специалистов из 17 регионов России, а также Казахстана.

В 2013 г. благодаря совместному сотрудничеству кафедры физики ускорителей и радиационной медицины и компании «МСМ-Медимпэкс» в



ядерном практикуме были установлены системы планирования лучевого лечения онкологических заболеваний Хю, широко используемые в клиниках России и стран Европы. Для построения плана облучения необходима согласованная работа врача, очерчивающего интересующую область на томографических снимках пациента, и медицинского физика, планирующего ход облучения. Слушатели курсов повышения квалификации имеют возможность выполнять практические занятия на данных системах планирования. Также студенты кафедры физики ускорителей и радиационной медицины начиная со второго курса имеют возможность осуществлять практические занятия на этих системах, осваивать их для дальнейшей работы в ведущих медицинских центрах страны.

На протяжении более 15 лет кафедра физики ускорителей и радиационной медицины физического факультета МГУ сотрудничает с факультетом фундаментальной медицины (ФММ) МГУ. Сотрудниками кафедры читается курс лекций по общей физике, проводятся семинарские занятия для студентов-медиков. В 2012 г. студенты первого курса ФММ имели возможность выполнить задачи атомного и ядерного практикумов. На кафедре физики ускорителей и радиационной медицины физического факультета идет разработка совместного практикума для студентов физического факультета и факультета фундаментальной медицины. Предполагается смоделировать реальную ситуацию совместной работы врача и физика в клинике при создании плана облучения онкологического больного. Студенты медики и физики будут совместно осуществлять оконтуривание интересующего объема на различных срезах, полученных с помощью томографии, искать наилучшие направления облучения, варьировать энергию и количество фракций для достижения оптимального плана лечения.

В 2014 г. для обучения студентов Московскому государственному университету имени

М. В. Ломоносова фирмой «ELEKTA» и компанией «МСМ-Медимпэкс» предоставлен учебный ускоритель Elekta Synergy (линейный ускоритель электронов с максимальной энергией до 18 МэВ). Запуск ускорителя, оснащенного системами планирования, позволит создать первый в восточной Европе центр подготовки радиационных медицинских физиков.

Таким образом, благодаря сотрудничеству двух факультетов и НИИ ядерной физики МГУ, компаний-производителей медицинского оборудования в Московском государственном университете имени М. В. Ломоносова осуществляется подготовка высококвалифицированных специалистов для коллективов врачей и медицинских физиков, способных обеспечить эффективное лучевое лечение.

Список литературы

1. Barletta W., Chattopadhyay S., Seryi A. Educating and Training Accelerator Scientists and Technologists for Tomorrow // Reviews of Accelerator Science and Technology. 2012. Vol. 5. P. 313.
2. Карпунин В. О., Рязанцев О. Б., Хорошков В. С. Лучевая диагностика и терапия : развитие оборудования и технологий в мире и России // Новые информационные технологии в медицине, биологии, фармакологии и экологии : материалы междунар. конф. : весенняя сессия / под ред. Е. Л. Глоризова (Гурзуф, 01–12 июня 2015 г.). М. : ООО «Институт новых информационных технологий», 2015. С. 167–179.
3. Клёнов Г. И., Козлов Ю. Ф., Хорошков В. С. Шестидесять лет протонной лучевой терапии : результаты, проблемы и тенденции // Медицинская физика. 2015. № 1 (65). С. 86–90.
4. Chernyaev A. P., Kolyvanovaa M. A., Borshchegovskaya P. Yu. Radiation technology in medicine. Part 1. Medicine accelerators // Moscow University Physics Bull. 2015. Vol. 70, iss. 6. P. 457–465.
5. Белоусов А. В., Близнюк У. А., Варзарь С. М., Загоруйко М. В., Осипов А. С., Черняев А. П. Ускорители в медицине // Медицинская физика. 2014. № 1 (61). С. 113–120.

Образец для цитирования:

Черняев А. П., Близнюк У. А., Борщеговская П. Ю., Варзарь С. М., Розанов В. В., Крусанов Г. А., Белянов А. А. Подготовка медицинских физиков для клинических баз в Московском государственном университете имени М. В. Ломоносова // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Физика. 2016. Т. 16, вып. 4. С. 238–243. DOI: 10.18500/1817-3020-2016-16-4-238-243.

Training of Medical Physicists for Clinical Bases in Lomonosov Moscow State University

A. P. Chernyaev¹, U. A. Bliznyuk²,
P. Yu. Borschegovskaya³, S. M. Varzar⁴,
V. V. Rozanov⁵, G. A. Krusanov⁶, A. A. Belyanov⁷

¹Alexander P. Chernyaev, Lomonosov Moscow State University, Leninskie Gory, Moscow, 119991, Russia, a.p.chernyaev@yandex.ru

²Ulyana A. Bliznyuk, Lomonosov Moscow State University, Leninskie Gory, Moscow, 119991, Russia, uabliznyuk@gmail.com

³Polina Yu. Borschegovskaya, Lomonosov Moscow State University, Leninskie Gory, Moscow, 119991, Russia, alexeevapo@mail.ru

⁴Sergey M. Varzar, Lomonosov Moscow State University, Leninskie Gory, Moscow, 119991, Russia, varzar@physics.msu.ru



⁵Vladimir V. Rozanov, Lomonosov Moscow State University, Leninskie Gory, Moscow, 119991, Russia, vrozanov@mail.ru

⁶Grigori A. Krusanov, Lomonosov Moscow State University, Leninskie Gory, Moscow, 119991, Russia, krusanov@physics.msu.ru

⁷Aleksander A. Belianov, Lomonosov Moscow State University, Leninskie Gory, Moscow, 119991, Russia, belyanov@cern.ch

In article the problem of training of experts in the field of medical physics to work in clinics using at the modern medical equipment for diagnostics and treatment of various diseases, including oncological has been discussed. The experience of training of students and conducting training courses on Department of Physics of Lomonosov Moscow State University has been given. Training of students in the framework of cooperation with Faculty of Fundamental Medicine of Moscow State University, Skobeltsyn Institute of Nuclear Physics Moscow State University and manufacturers of high-tech equipment for radiation therapy has been conducted.

Key words: medical physics, nuclear medicine, radiation therapy, training, qualification hanging courses.

References

1. Barletta W., Chattopadhyay S., Seryi A. Educating and Training Accelerator Scientists and Technologists for Tomorrow. *Reviews of Accelerator Science and Technology*, 2012, vol. 5. P. 313.
2. Karpunin V. A., Ryazantsev O. B., Khoroshkov V. S. Luchevaia diagnostika i terapiia : razvitie oborudovaniia i tekhnologii v mire i Rossii [Radiation diagnostics and therapy: development of equipment and technologies in the world and Russia]. *Novye informatsionnye tekhnologii v meditsine, biologii, farmakologii i ekologii. Materialy mezhdunar. konf. IT+M&E'2015: vesenniaia sessiia*. Pod. red. E. L. Glorizova [New Information Technology in Medicine, Pharmacology, Biology and Ecology. International Conference IT+M&E'2016], Moscow, LLC «Institute of New Information Technologies», 2015, pp. 167–179 (in Russian).
3. Klenov G. I., Kozlov Y. F., Khoroshkov V.S. Sixty years of proton radiotherapy: results, problems and trends. *Meditsinskaya fizika* [Medical physics], 2015, no. 1 (65), pp. 86–90 (in Russian).
4. Chernyaev A. P., Kolyvanovaa M. A., Borshchegovskaya P. Yu. Radiation technology in medicine. Part 1. Medicine accelerators. *Moscow University Physics Bulletin*, 2015, vol. 70, iss. 6, pp. 457–465 (in Russian).
5. Belousov A. V., Bliznyuk U. A., Varzar S. M., Zagoruiko M. V., Osipov A. S., Chernyaev A. P. Accelerators in medicine. *Meditsinskaya fizika* [Medical physics], 2014, no. 1 (61), pp. 113–120 (in Russian).

Please cite this article in press as:

Chernyaev A. P., Bliznyuk U.A., Borschegovskaya P. Yu., Varzar S. M., Rozanov V. V., Krusanov G. A., Belyanov A. A. Training of Medical Physicists for Clinical Bases in Lomonosov Moscow State University. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Physics*, 2016, vol. 16, iss. 4, pp. 238–243. DOI: 10.18500/1817-3020-2016-16-4-238-243.

УДК 681.3(072)

ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ БАКАЛАВРА, МАГИСТРАНТА И АСПИРАНТА



О. А. Черкасова¹, С. В. Чурочкина²

¹Черкасова Ольга Алексеевна, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры компьютерной физики и метаматериалов на базе Саратовского филиала Института радиотехники и электроники имени В. А. Котельникова РАН, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, cherkasovaOA@yandex.ru

²Чурочкина Светлана Викторовна, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры компьютерной физики и метаматериалов на базе Саратовского филиала Института радиотехники и электроники имени В. А. Котельникова РАН, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, klechshevskaya@mail.ru

Цель данной работы состоит в том, чтобы познакомить выпускников различных ступеней высшего образования (бакалавриат, магистратура, аспирантура) с основными доку-

ментами, которые разъясняют требования, предъявляемые к написанию выпускной квалификационной работы и ее автореферата. Представлен литературный обзор с указанием работ, в которых прописаны четкие рекомендации по тому, как грамотно оформить автореферат выпускной квалификационной работы, какой имеет вид его структура и какая используется в ней терминология. В результате использования указанных требований студенты учатся создавать работы, доступные для понимания не только специалистов, но и широкого круга читателей. Кроме того, согласно новым требованиям, автореферат выпускной квалификационной работы должен быть выложен в сети Интернет. Следовательно, он чаще всего является единственным источником информации о ее содержании и результатах исследований. Опираясь на данный материал, студенты смогут преодолеть трудности в грамотном изложении и представлении как самой работы, так и положений на её