

XXII МЕЖДУНАРОДНАЯ МОЛОДЕЖНАЯ НАУЧНАЯ ШКОЛА ИМЕНИ А.С. САЕНКО “СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАДИОБИОЛОГИИ”

DOI: 10.31857/S0869803123040112, EDN: ENGCVS

22–26 мая 2023 г. состоялась очередная XXII Международная молодежная научная школа им. А.С. Саенко “Современные проблемы радиобиологии” (далее Школа). Продолжая традицию, Школа проводилась на базе Медицинского радиологического научного центра (МРНЦ) им. А.Ф. Цыба — филиала ФГБУ “Национальный медицинский исследовательский центр радиологии” Минздрава России (г. Обнинск) и являлась официальным мероприятием Научного совета РАН по радиобиологии. В работе Школы принимали участие 120 человек, из которых 80% составили молодые специалисты, аспиранты и студенты в возрасте до 35 лет.

XXII Школа включала лекции ведущих российских и зарубежных специалистов в области молекулярной и клеточной радиобиологии, экологии, радиационной генетики и онкологии по широкому спектру проблем радиационного воздействия на биологические объекты, включая, прежде всего, организм человека. Следует отметить, что формат проведения Школы остался неизменным с самого начала ее организации: продолжительность каждой лекции составляла 1.5 ч, в день проводилось по четыре лекции, после которых общение слушателей и лекторов продолжалось, нередко оказываясь весьма плодотворным в плане создания новых научных контактов и организации совместных исследований.

В 2023 г. научная программа Школы начиналась с лекции проф. С.А. Гераськина (ВНИИ радиологии и агроэкологии, Обнинск — филиал НИЦ “Курчатовский институт”), в которой были рассмотрены закономерности и механизмы адаптивных реакций растений на радиационное воздействие в аварийных и плановых ситуациях на территории различных климатических зон, включающих 30-километровую зону ЧАЭС (Украина) и Полесский государственный радиационно-экологический заповедник (Белоруссия), загрязненные в результате аварии на ЧАЭС районы Брянской области России, 20-километровую зону АЭС Фукусима (Япония), Семипалатинский испытательный полигон (Казахстан), район расположения комплекса предприятий атомной промышленности в г. Сосновый Бор, Ленинградская обл.,

хранилище отходов радиевого промысла (пос. Водный, Республика Коми), территорию предприятия “Дальневосточный центр по обращению с радиоактивными отходами”. Эффекты радиационного воздействия были проанализированы не только на популяционном и экосистемном уровнях по критериям снижения видового разнообразия, изменения доминантности видов, уменьшения продуктивности растений и изменения структуры сообщества, но и на биохимическом (изменение концентрации антиоксидантов, фитогормонов), а также молекулярно-генетическом и эпигенетическом уровнях. Значительный интерес слушателей вызвали данные, полученные в лаборатории проф. С.А. Гераськина и недавно опубликованные в ведущих научных журналах, об уровне экспрессии генов и метилирования ДНК в популяциях сосны при различной дозовой нагрузке. В заключение было отмечено, что ответная реакция растений на слабые и сочетанные воздействия внешних факторов имеет нелинейный характер, а ее конкретная форма определяется не столько дозой, сколько генетическими и эпигенетическими механизмами. Хроническое радиационное воздействие, начиная с определенной мощности дозы, способно менять генетическую и эпигенетическую структуру природных популяций. При этом высокие мощности дозы хронического облучения ведут к отбору на эффективность систем репарации, а низкие — к поддержанию оксидативного баланса, экспрессии шаперонов и гистонов, а также контролю транспозиции мобильных генетических элементов.

Быстро развивающаяся область эпигенетических исследований привлекает в последние годы все большее внимание радиобиологов, работающих не только с растительными объектами, но прежде всего с животными и человеком. В лекции канд. биол. наук Е.А. Блиновой (Уральский научно-практический центр радиационной медицины ФМБА России, Челябинск) был продолжен анализ эпигенетических эффектов действия ионизирующих излучений на примере облучения млекопитающих, включая человека. С привлечением данных литературы и, что важно, результатов собственных исследований рассмотрены та-

кие эпигенетические механизмы регуляции активности генов после облучения в условиях *in vitro* и *in vivo*, как метилирование ДНК (изменение метилирования отдельных генов, повторяющихся элементов ДНК, а также глобальное изменение метилирования) и РНК-интерференция с участием ряда микроРНК, которые влияют на транскрипционную активность генов, вовлеченных в восстановление повреждений ДНК, контроль клеточного цикла и регуляцию апоптоза. Наглядно показано изменение профиля экспрессии микроРНК у хронически облученных жителей прибрежных сел р. Теча и продемонстрирована взаимосвязь обнаруженных эффектов с относительным содержанием мРНК генов *ATM*, *TP53*, *BCL-2*, *BAX*. Эпигенетические модификации сохраняются в организме облученных людей длительное время и, по-видимому, могут вносить вклад в формирование радиационно-индуцированных патологических процессов. Например, ионизирующее излучение способно усиливать экспрессию ряда микроРНК, которые инактивируют гены-супрессоры опухолей, и, наоборот, подавлять экспрессию других микроРНК, которые нацелены на онкогены, что в совокупности с генетическими изменениями может приводить к индукции злокачественных новообразований. Вместе с тем, как отмечено в заключительной части лекции, результаты эпигенетических исследований следует интерпретировать с осторожностью, поскольку большая часть данных о влиянии ионизирующего излучения на эпигенетические модификации получена с использованием экспериментальных систем *in vitro* и *in vivo*, в то время как понимание этих эффектов в нормальных тканях и опухолях человека ограничено, особенно это относится к диапазону малых доз радиации.

Особое внимание участников Школы было привлечено к лекции проф. *А.В. Рубановича* (Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН, Москва), посвященной эпигенетике старения. Отмечалось, что старение, возрастные заболевания и генотоксические воздействия, включая ионизирующее излучение, односторонне изменяют паттерн метилирования (с некоторыми исключениями), вызывая гиперметилирование цитозина в сайтах CpG в островках промоторов генов и гипометилирование CpG вне островков (регуляторные последовательности, интроны, участки некодирующей ДНК). Эпигенетические часы, основанные на уровнях метилирования нескольких сотен CpG-сайтов, оказались необыкновенно эффективными предикторами биологического возраста человека (в частности, предикторами вероятности смерти и развития возрастных заболеваний). В лекции была ярко изложена хроника создания эпичасов, включающая три поколения исследований (работы Г. Ханума, С. Хорвата, М. Левин, А. Лу и др.), и завер-

шившаяся созданием универсальных часов, которые на основе метилирования 665 CpG правильно определяют возраст представителей 128 видов млекопитающих (диапазон продолжительности жизни от 2 до 200 лет) и, более того, позволяют предсказывать продолжительность жизни вида. Для радиобиологии важно, что с помощью эпигенетических часов, по-видимому, можно оценить совокупный ущерб при генотоксических воздействиях в терминах утраченных лет жизни. Однако полногеномные исследования метилирования (EWAS) и оценки ускоренного старения (Δ_{age}) при воздействии радиации пока не проводились. Имеются лишь немногочисленные попытки оценить изменение метилирования кандидатных генов у лиц, подвергшихся облучению, как, например, это сделано в лаборатории экологической генетики ИОГен РАН при исследовании метилирования промоторов восьми генов в клетках периферической крови ликвидаторов аварии на ЧАЭС и работников атомной промышленности в сравнении с контролем. В целом представленные в лекции результаты эпигенетических исследований указывают на перспективность разработки маркеров отдаленного радиационного воздействия (на основе гиперметилирования промоторов многих генов) и оценки совокупного ущерба от облучения в терминах преждевременного старения (CpG — часы по промоторам 50–100 генов).

Проф. *А.П. Галкин* из Санкт-Петербургского филиала ИОГен им. Н.И. Вавилова РАН рассмотрел роль амилоидов в защите от ультрафиолета, возникновении двунитевых разрывов ДНК и регуляции жизненно важных процессов. В настоящее время накоплен огромный массив данных об участии амилоидов (белковых фибрилл, в которых мономеры белка связываются друг с другом за счет формирования упорядоченных межмолекулярных β -слоев) в патогенезе многочисленных заболеваний, прежде всего нейродегенеративных. В то же время амилоидогенез как один из возможных молекулярных механизмов формирования радиационных эффектов практически не изучен, хотя среди важнейших факторов образования амилоидов находится окислительный стресс, неизбежно возникающий при взаимодействии биологических объектов с ионизирующими излучениями. Следует отметить, что такие важные для радиационного стресс-ответа белки, как Rad51, контролирующий репарацию двунитевых разрывов ДНК, и p53, регулирующий клеточный цикл и апоптотическую гибель, способны формировать амилоидные фибриллы, а канцерогенез часто сопровождается агрегацией p53 и Rad51, приводящей к инактивации последних. Показанные в лекции данные представляют несомненный интерес для дальнейшего планирования радиобиологических исследований, направ-

ленных, прежде всего, на выяснение молекулярных механизмов действия ионизирующих излучений на центральную нервную систему и злокачественные новообразования.

Создание отечественных радиофармацевтических лекарственных препаратов (РФП) является одной из важнейших проблем радиационной онкологии, решение которой невозможно представить без участия радиобиологов. В связи с высокой актуальностью этой проблемы на Школе был предусмотрен блок лекций, посвященных экспериментальной разработке и клиническому использованию РФП, начиная с выбора радионуклидов, методов их получения, синтеза меченных соединений, доклинического исследования лекарственной формы и заканчивая оценкой эффективности при лечении злокачественных новообразований различных локализаций на групповом и индивидуальном уровнях. Таким образом, участники школы получили представление о полном цикле разработки РФП. Этот тематический блок включал четыре лекции, перечисленные ниже, и был посвящен памяти недавно ушедшего из жизни д-ра биол. наук Василия Михайловича Петриева, внесшего значительный вклад в создание отечественных РФП.

В прекрасно структурированной лекции канд. хим. наук *Р.А. Алиева* (Национальный исследовательский центр “Курчатовский институт”, Москва) был описан широкий спектр радионуклидов, которые используются или могут быть использованы в ядерной медицине в целях диагностики и терапии злокачественных опухолей с учетом периода полураспада, типа и энергии излучения, а также доступности методов их получения на реакторах, циклотронах и при использовании частиц высоких энергий в сочетании с сепарацией продуктов реакции по массе. Отдельно рассмотрены медицинские альфа-эмиттеры, Оже-эмиттеры и способы их доставки, а также элементы-аналоги и пары изотопов одного и того же элемента для тераностики. В лекции были также затронуты радиохимические аспекты применения радионуклидов и наночастиц различного строения как носителей радионуклидов.

Д-р биол. наук *В.К. Тищенко* (МРНЦ им. А.Ф. Цыба, Обнинск) рассказала об использовании РФП пептидной природы в онкологии, включая моноклональные антитела, их производные и низкомолекулярные пептиды (<4 кДа). В качестве примера приведены антагонисты и агонисты соматостатиновых рецепторов (аналоги соматостатина), меченные ^{177}Lu , ^{111}In , $^{99\text{m}}\text{Tc}$, ^{68}Ga , ^{64}Cu , а также антитела и низкомолекулярные ингибиторы простатспецифического мембранного антигена (ПСМА), меченные ^{177}Lu , ^{225}Ac , ^{68}Ga , ^{44}Sc , $^{99\text{m}}\text{Tc}$. Важно, что в лекции были показаны результаты собственных доклинических исследо-

ваний целого ряда перспективных РФП ($^{99\text{m}}\text{Tc}$ -ПСМА, ^{177}Lu -ДОТАТОК, ^{177}Lu -ДОТА-ПСМА и ^{225}Ac -ДОТА-ПСМА), охарактеризованных по динамике накопления в различных органах мышей, токсичности, специфической безопасности (дозовой нагрузке на различные органы), диагностической или терапевтической эффективности.

Из необыкновенно яркой и запоминающейся лекции д-ра мед. наук *В.В. Крылова* (МРНЦ им. А.Ф. Цыба, Обнинск) участники Школы узнали о достижениях и проблемах клинического применения РФП для диагностики и терапии различных заболеваний, прежде всего, онкологических (рака щитовидной железы, предстательной железы, молочной железы, легкого, яичников, прямой кишки, нейроэндокринных опухолей, множественной миеломы и др.), а также тиреотоксикоза, эпилепсии, келоидных рубцов, воспалительного поражения суставов. При этом спектр упомянутых радиоактивных изотопов и транспортных молекул был существенно расширен в дополнение к предыдущим докладам. На конкретных примерах из личной практики была проиллюстрирована эффективность радиойодтерапии при дифференцированном раке щитовидной железы и отдаленных метастазах, радиотаргетной терапии нейроэндокринных опухолей и рака предстательной железы, радиоэмболизации при опухолях печени, радиосиноэктомии. В последнем случае использовался препарат “Артрорен МРНЦ” (микросферы альбумина размером 5–10 мкм, меченные ^{188}Re), который проходит в настоящее время II фазу клинических испытаний. Особой наглядностью отличалась часть лекции, посвященная результатам применения остеотропных РФП для лечения множественных метастазов в кости с помощью препаратов ^{89}Sr хлорид, ^{223}Ra хлорид, ^{153}Sm оксабифор, ^{188}Re Золендроновая кислота и др. с акцентом на отечественные разработки, в том числе РФП, созданные и прошедшие доклинические/клинические испытания в МРНЦ им. А.Ф. Цыба.

Канд. мед. наук *Е.М. Жмаева* представила доклад от группы авторов из Российской медицинской академии непрерывного профессионального образования Минздрава России (кафедра радиотерапии и радиологии, Казань) на тему: “Генетические маркеры, ассоциированные с резистентностью к радиойодтерапии, у больных раком щитовидной железы”. Проведен обстоятельный анализ данных литературы о молекулярно-генетических изменениях при раке щитовидной железы и прогностическом значении мутаций генов *TERT*, *BRAF*, а также экспрессии белков, контролирующих ангиогенез (*VEGFR*, *EGFR*) и обеспечивающих транспорт ионов йода в клетку (*NIS*). Затем было рассказано о результатах собственного исследования одонуклеотидного по-

лиморфизма генов *NFKB1*, *ATM*, *ATG16L2* и *ATG10* с целью выявления предиктивных маркеров резистентности к радиойодтерапии больных раком щитовидной железы. Хотя значимой ассоциации отдельных аллельных форм указанных генов с эффективностью радиойодтерапии не выявлено, в работе было установлено, что в группе резистентных к лечению пациентов статистически значимо чаще встречается гаплотип С-С гена *ATG10* (rs10514231–rs1864183), белковый продукт которого участвует в аутофагии. Полученные данные свидетельствуют о перспективности дальнейшей работы по выявлению новых предиктивных маркеров радиойодрезистентности и разработке подходов к персонализированному лечению с помощью РФП.

Выяснение биологических и медицинских эффектов малых доз радиации не теряет актуальности уже многие годы, поэтому неудивительно, что различные аспекты этой проблемы были в той или иной степени затронуты во многих лекциях недавно прошедшей Школы. Лекция канд. биол. наук *Н.А. Зюзикова* (Университет Вест-Индии, Тринидад и Тобаго) была полностью посвящена рассмотрению спорных эффектов малых доз радиации с акцентом на эффект свидетеля, начиная с описания различных подходов к определению малой дозы, экспериментальных схем/методов детекции эффекта свидетеля и заканчивая изложением доказанных или возможных молекулярных механизмов его возникновения. Сделан подробный обзор данных литературы и результатов собственных исследований эффекта свидетеля в рамках международных проектов, обращено внимание на противоречивость данных о влиянии линейной передачи энергии (ЛПЭ) на проявление этого эффекта в различных экспериментальных системах, о роли репарации повреждений ДНК и активных форм кислорода. После многостороннего анализа имеющихся данных с учетом их известной противоречивости и неопределенности сделано заключение о том, что радиационно-индуцированный эффект свидетеля:

- показан *in vitro* и *in vivo*, на клетках и тканях, хотя не все клетки демонстрируют этот эффект;
- возникает под влиянием ионизирующего излучения с низкой и высокой ЛПЭ при низких (менее 1 мГр) и высоких дозах;
- регистрируется при облучении цитоплазмы и ядра;
- может проявляться в виде хромосомных aberrаций, генных мутаций, микроядер, трансформации, задержки клеточного цикла, апоптоза, адаптивного ответа, нестабильности генома, изменения экспрессии генов и выживаемости;
- имеет как минимум два разных механизма возникновения, но в целом механизмы изучены недостаточно. Активные формы кислорода, ок-

сид азота, цитокины могут быть вовлечены в индукцию повреждений ДНК в клетках-свидетелях. Механизмы негомологической репарации повреждений ДНК могут участвовать в формировании эффекта.

Наличие множества противоречивых результатов и предположений определяет необходимость дальнейших исследований эффекта свидетеля.

Канд. биол. наук *Е.Г. Кузьмина* (МРНЦ им. А.Ф. Цыба, Обнинск) сделала полезный для радиобиологов анализ современного состояния исследований в области иммунологии (с кратким экскурсом в историю). После изложения ключевых принципов работы врожденного и адаптивного иммунитета были рассмотрены особенности противоопухолевого иммунитета, понимание которых имеет основополагающее значение для специалистов в сфере клинической и экспериментальной онкологии, в том числе лучевых терапевтов и радиобиологов. Противоопухолевый иммунный ответ был представлен как циклический процесс с положительной обратной связью, приводящий в норме к усилению иммунной реакции. Цикл может быть разделен на отдельные этапы, начиная с появления опухолевого антигена и заканчивая уничтожением опухолевых клеток. Отмечалось, что модель “противоопухолевого иммунного цикла” включает гибель опухолевых клеток в результате радиотерапии и др. лечебных воздействий, воспаление, активацию незрелых дендритных клеток, представление опухолевых антигенов Т-клеткам, активацию Т-лимфоцитов, миграцию Т-эффекторов в опухоль, инфильтрацию опухоли, распознавание и цитотоксическое уничтожение опухолевых клеток. При этом высвобождаются новые порции опухолевых антигенов, что усиливает эскалацию цикла. Значительная часть лекции была посвящена анализу многочисленных механизмов уклонения опухоли от иммунного надзора как основы для создания различных (в том числе таргетных) методов иммунотерапии рака. Иммунотерапия, недавно вошедшая в клиническую практику и пребывающая на стадии становления в качестве терапевтического подхода, демонстрирует высокую эффективность при лечении различных видов опухолей. Представленный в лекции материал внушает уверенность в том, что совершенствование имеющихся и создание новых методов иммунотерапии позволят определить оптимальные стратегии их применения, в том числе в комбинации с радиотерапией.

В лекции проф. *К.Ш. Жумадилова* (Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан) были представлены результаты современных ЭПР дозиметрических исследований населения г. Хиросимы и Восточного Казахстана. Как известно, в настоящее время ос-

новым материалом для таких исследований являются образцы зубов и костной ткани, но развиваются перспективные методы ЭПР дозиметрии волос и ногтей, а также эмали зубов *in vivo*. Автор, имеющий многолетний опыт проведения ЭПР исследования эмали зубов, подробно рассказал о процедуре сбора и регистрации образцов, их подготовки для анализа, калибровки, определения интенсивности сигнала и расчета дозы с помощью специальной программы с учетом положения зуба в ротовой полости и возраста формирования эмали. Далее был сделан обзор собственных публикаций лектора, выполненных в ряде случаев в соавторстве с российскими учеными, о результатах ЭПР дозиметрии жителей Семипалатинского региона, подвергшихся радиационному воздействию в результате испытаний ядерного оружия на Семипалатинском (СССР) и Лобнорском (КНР) полигонах, а также работников урановых рудников в Северном Казахстане (г. Степногорск). Наиболее высокие дозы (440 ± 106 мГр) были зарегистрированы у жителей с. Долонь вблизи Семипалатинского ядерного полигона, у которых эмаль сформировалась до первого облучения в 1949 г., при этом в совместном исследовании специалистов из Казахстана, России и Японии были установлены многократные различия в оценке доз с помощью методов ЭПР по эмали зубов, люминесцентной дозиметрии по кварцевым включениям в кирпичах из местных построек, определения частоты хромосомных аберраций, радиоактивности цезия и расчетного метода. В заключение проф. Жумадилов поделился личным опытом работы в Японии по ЭПР дозиметрии пострадавших в результате атомной бомбардировки Хиросимы и физической дозиметрии населения префектуры Фукусима в 2011 г. после аварии на АЭС Дайичи.

Интересная в научном и практическом отношении информация была представлена проф. Жаворонковым Л.П. (МРНЦ им. А.Ф. Цыба, Обнинск) в лекции, посвященной анализу экспериментальных и клинических данных о влиянии электромагнитных излучений (ЭМИ) нетепловых интенсивностей на состояние ведущих функциональных систем организма, регулируемых центральной нервной системой (ЦНС). Были приведены собственные результаты комплекса биологических экспериментов с использованием непрерывной и импульсной генерации поля, при этом биологические реакции оценивали по ряду поведенческих, нейрофармакологических параметров. В опытах также применяли плавное циклическое изменение частоты модуляции в пределах ведущих ритмов электроэнцефалограммы. Показано, что такой подход более значим для реакции ЦНС на низкоинтенсивное микроволновое воздействие. Кроме того, в лекции были изложены результаты уникальных исследований, проведен-

ных С.Н. Лукьяновой с участием добровольцев (ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России). Данные, содержащиеся в ее недавно вышедшей монографии, свидетельствуют о том, что ЭМИ являются для ЦНС раздражителем средней силы. Реакции ЦНС обычно не выходят за пределы компенсаторных возможностей, однако при многократном повторении возможна их суммация и даже переход в область патологических.

Особое внимание было уделено оценке возможного влияния излучений от базовых станций и терминалов мобильной связи на ЦНС. Анализ отечественных и международных данных в целом показал, что этот фактор может быть значим для функций ЦНС, прежде всего, у детей, особенности работы мозга которых обеспечивают относительно большую реакцию на ЭМИ. Проведено сравнение действующих гигиенических нормативов, существенно отличающихся в разных странах. Вполне ожидаемо, что тема вызвала большое количество вопросов у слушателей и оживленную дискуссию.

Одной из постоянных задач Школы, которая проводится уже более 20 лет, является ознакомление слушателей с новыми методами исследования радиобиологических эффектов на молекулярном, клеточном и организменном уровнях организации. Не стала исключением и XXII Школа, в которой участвовали сотрудники МРНЦ им. А.Ф. Цыба (Обнинск) канд. биол. наук А.О. Якимова и канд. мед. наук Д.С. Барановский с лекцией на тему "Флуоресцентные технологии в экспериментальных исследованиях". В информационно насыщенной и наглядной презентации были рассмотрены как базовые методы, уже доказавшие высокую значимость для решения разнообразных задач радиобиологических исследований (иммуноцитохимия с детекцией при помощи флуоресцентной и конфокальной лазерной микроскопии, проточная цитометрия и сортировка, полимеразная цепная реакция с детекцией в реальном времени, флуоресцентная *in situ* гибридизация), так и перспективные в плане будущей работы радиобиологов методы генной инженерии (для флуоресцентной маркировки клеток / клеточных компартментов / отдельных белков, получения трансгенных животных), FRET (флуоресцентный резонансный перенос энергии для визуализации межмолекулярных взаимодействий и отдельных молекулярных событий в клетке). Живой интерес участников Школы вызвал рассказ о возможностях и собственном опыте флуоресцентной визуализации клеток / тканей / гипоксических зон *in vivo* (в том числе на модели Zebrafish), микрокомпьютерной томографии с 3D-реконструкцией и о перспективах использования искусственного интеллекта для обработки изображений. В заключительной части лекции была предоставлена информация о Центре коллектив-

ного пользования “Экспериментальные радиобиологические и регенеративные технологии” в МРНЦ им. А.Ф. Цыба с перечислением имеющихся ресурсов, которые представляют интерес для организации совместных исследований в дальнейшем. Символично, что именно эта лекция молодых ученых из МРНЦ им. А.Ф. Цыба завершала Школу в 2023 г.

Более подробную информацию о содержании большинства лекций можно получить на сайте <https://disk.yandex.ru/d/hFtF-i80VCW49w>.

XXII Международная молодежная научная школа им. А.С. Саенко “Современные проблемы радиобиологии” проведена при финансовой под-

держке следующих организаций: НПП “Полет”, АО “Агентство инновационного развития — центр кластерного развития Калужской области”, ФГБУ ВНИИРАЭ НИЦ “Курчатовский институт”, ПАО “Приборный завод “Сигнал”, ООО “ЭСКО”, Мир-Фарм. Группа фармацевтических компаний, ИАТЭ НИЯУ МИФИ, Компания SINTEC Group, ДК ФЭИ.

И.А. Замулаева

Председатель программного комитета
XXII Международной молодежной
научной школы им. А.С. Саенко
“Современные проблемы радиобиологии”