

в эксперименте на мелких лабораторных животных имеется возможность справиться с самым тяжелым иммунологическим последствием трансплантации костного мозга — «вторичной болезнью». К сожалению, это пока не удается достичь в опытах на обезьянах. Касааясь использования костного мозга в клинике, практически все участники высказали сходную точку зрения, что в случаях возникновения необходимости применения миелотерапии следует воздерживаться от использования переливания крови и ее компонентов. Это дает возможность избежать противолейкоцитарной и противотромбоцитарной сенсибилизации. Относительно небольшое число данных о трансплантации костного мозга, заготовленного от многих доноров, говорит о перспективности такого метода, поскольку при этом имеется возможность отбора наиболее генетически близких клеток. Особое внимание было обращено на изготовление и использование антилимфоцитарных сывороток и антилимфоцитарного гамма-глобулина, как наиболее эффективных средств подавления иммунологических реакций организма.

В докладах Н. Ашвуд-Смита (Великобритания), Т. Флиндера (ФРГ), О. Костахеля (Румыния) и советских специалистов Ф. Р. Виноград-Финкель, А. Г. Федотенкова, С. С. Лаврика и Н. Г. Карташевского были рассмотрены современные возможности получения и длительного хранения костномозговых клеток и клеток периферической крови при ультранизких температурах. Установлено, что каждый вид клеток требует индивидуального метода замораживания из-за различий в структуре и функциях клеток. Повседневная практика подтвердила возможность использования разного рода ограджающих средств (глицерин, диметилсульфоксид, поливинилпирролидон). В настоящее время имеются длительные наблюдения, исчисляемые годами, по хранению замороженных клеток костного мозга и крови. Температуры ниже  $130^{\circ}\text{C}$  признаны наиболее подходящими для длительного хранения клеток. Эксперты детально обсуждали различные тесты, используемые для определения жизнеспособности клеток. Было отмечено, что даже тест с применением радиоактивной метки биологических предшественников, включающихся в синтез ДНК и РНК, является недостаточным в связи со способностью клетки нахо-

диться в качественно разных состояниях. В то же время этот метод признан пригодным для определения циркуляционной способности длительно хранившихся клеток. Совещание подчеркнуло необходимость продолжения работ по выработке тестов, позволяющих оценивать жизнеспособность клеток непосредственно в лабораторных условиях.

С большим интересом были заслушаны доклады Р. Клена (Чехословакия), А. Е. Киселева (СССР), О. Костахель (Румыния) и Л. Серафимова-Димитрова (Болгария), посвященные научно-организационным вопросам создания банков костного мозга и компонентов крови. Особенное внимание вызвала предложенная А. Киселевым принципиальная схема организации таких банков, начиная с вопроса формирования донорских кадров и кончая анализом оборудования, используемого для длительного хранения костномозговых клеток и клеток периферической крови. Приведенные в докладах данные убедительно показали, что современное состояние метода замораживания клеток и накопленный опыт лечебного их использования создали реальные условия для организации банков костного мозга и клеток крови. Немаловажное значение имеет при этом установленная безвредность донорства костного мозга. В связи с этим совещание рекомендовало МАГАТЭ в сотрудничестве с другими международными организациями взять на себя инициативу по организации банков костного мозга с целью использования его для лечения лучевой болезни и гематологических заболеваний.

Эксперты отметили, что проблема трансплантации костного мозга, являющаяся одной из многообещающих в области радиационной гематологии, остается еще не решенной, в связи с чем признано чрезвычайно важным улучшение имеющихся и разработка новых тестов для определения тканевой совместимости при трансплантации костного мозга.

Международное совещание способствовало дальнейшему расширению творческих контактов и развитию научных исследований в области трансплантации, консервирования и культивирования костного мозга.

Г. И. КОЗИНЕЦ, Ф. Э. ФАЙНШТЕЙН

## Линейный ускоритель электронов для использования в промышленности

В Научно-исследовательском институте электрофизической аппаратуры им. Д. В. Ефремова в 1967 г. изготовлен и введен в эксплуатацию линейный волноводный ускоритель электронов, позволяющий получать электроны с энергией от 4 до 12 Мэв. Мощность пучка ускоренных электронов в номинальном режиме работы ускорителя более 5 кет. Ускоритель разработан и оснащен как источник ионизирующего излучения для исследовательских и опытно-промышленных радиационных установок.

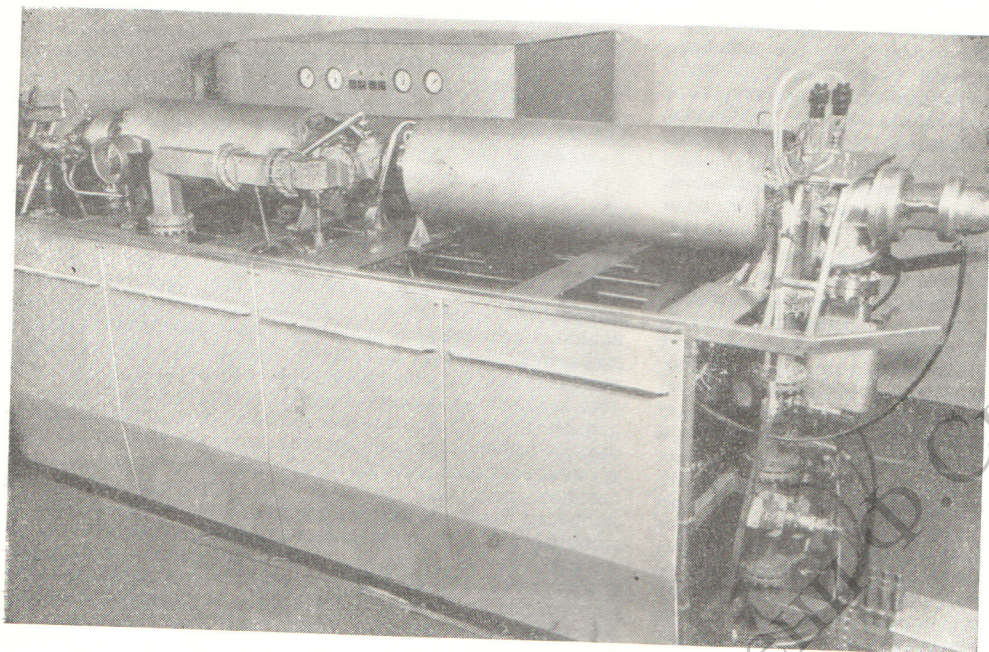
Установка проста в эксплуатации и управляется одним оператором. Блок, в котором смонтирована ускоряющая система с электронной пушкой и электропроводом (блок излучателя), имеет размеры  $4 \times 0,9 \times 1,5$  м и может быть легко установлен на технологической линии (рис. 1, 2).

В процессе опытной эксплуатации были определены оптимальные режимы работы ускорителя при разных

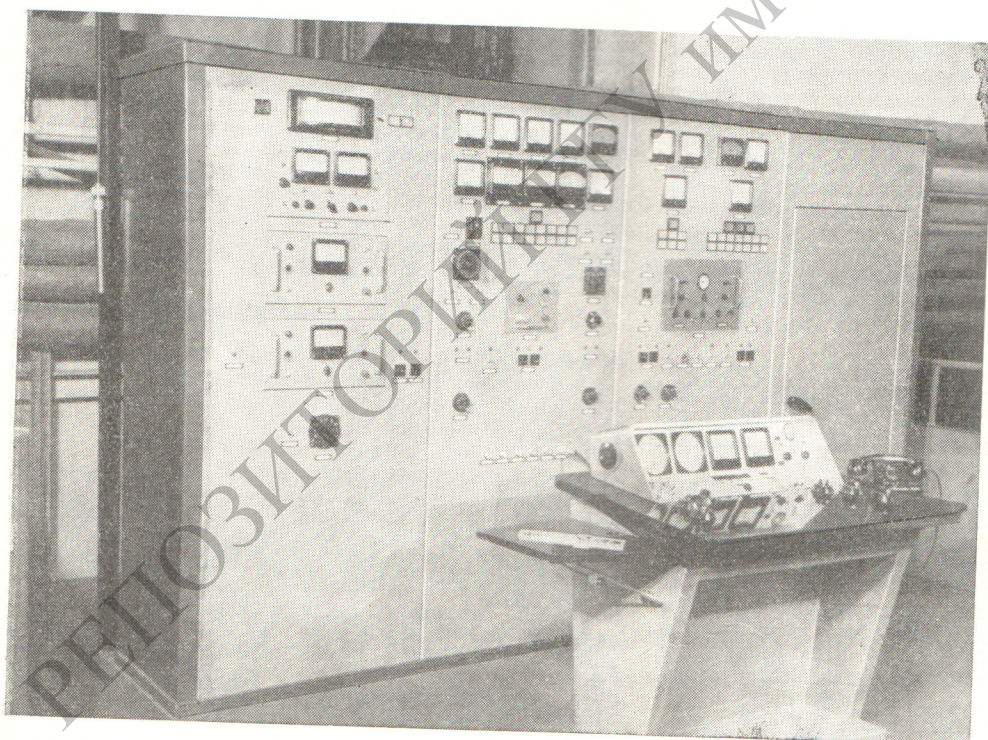
постановках задачи. Максимальная мощность в пучке (5—7 кет) может быть получена при энергии ускоренных электронов 6—10 Мэв, что соответствует величине среднего тока 800—500 мка. Номинальная частота следования импульсов — 500 1/сек, длительность импульса ~3 мксек.

Ширина энергетического спектра в номинальном режиме  $\pm 7\%$ , а при энергиях ниже 6 Мэв — не более  $\pm 10\%$ . Промышленный к. п. д. ускорителя около 10%. Регулировка величины среднего тока осуществляется путем изменения частоты следования импульсов в 2, 4, 8 и 16 раз относительно номинальной. Ускоритель потребляет от сети около 75 ква. Узлы ускорителя охлаждаются дистиллированной водой. Расход водопроводной воды, охлаждающей теплообменник, не более 10 м<sup>3</sup>/ч. После длительной остановки машины время ввода ее в режим не превышает 30 мин с момента подачи напряжения на установку.





Р и с. 1. Общий вид излучателя и блока водоохлаждения.



Р и с. 2. Пульта и щит управления ускорителем.

Ускоритель укомплектован выходными устройствами, которые позволяют измерять ток электронов и наблюдать на экране осциллографа форму токового импульса, определять энергию и энергетический спектр ускоренных электронов, рассеивать пучок электронов на заданную площадь и выравнивать величину

поглощенной дозы по глубине облучаемого материала.

Ускоряющая система состоит из двух коротких секций диафрагмированного волновода с изменяющимися по длине размерами ячеек. По высокочастотному питанию секции соединены последовательно через



регулируемый делитель мощности и фазовращатель интерференционного типа, что и позволяет производить глубокую регулировку энергии электронов. Система диафрагм вместе с парой короткофокусных линз обеспечивает ввод электронного пучка диаметром 3 мм и с током до 1,5 а в импульсе строго по оси ускоряющей системы.

В процессе ускорения электроны находятся в постоянном по длине магнитном поле соленоида. Он состоит из нескольких жестко посаженных на диафрагмированный волновод и плотно примыкающих друг к другу галет, намотанных широкой медной лентой толщиной 0,2 мм, что практически устраняет искаже-

ния магнитного поля, которые возникают при винтовой намотке шиной или трубкой. Исследования показали, что в такой системе при токах до 1,5 а, обеспечиваемых электронным источником, никаких признаков разрушения пучка не наблюдается.

С момента пуска и до настоящего времени ускоритель постоянно используется для проведения исследований с электронным пучком и обработки его элементов. Одновременно ведутся работы по облучению смол, резин и дозиметрии в процессе облучения.

В. М. ЛЕВИН, В. В. РУМЯНЦЕВ,  
В. И. МУНТЯН

## О советско-датском сотрудничестве в исследовании спонтанно делящихся изомеров

Сотрудничество советских и датских ученых имеет давние традиции. Основанный Нильсом Бором Институт теоретической физики быстро завоевал международное признание как один из центров ядерной физики. Нильс Бор охотно принимал к себе советских ученых, включая их в творческую научную жизнь группировавшегося вокруг него интернационального коллектива. В послевоенное время эти контакты были упрочены и расширены. Сотрудничество стало принимать более конкретную форму, были выполнены совместные работы в области ядерной физики.

Одной из таких совместных работ, проводимой в последние годы, является работа по исследованию свойств спонтанно делящихся изомеров. Изомерные состояния были открыты в 1961 г. С. М. Поликановым с сотрудниками в Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ. Эти состояния характеризуются аномально малым временем жизни по отношению к спонтанному делению. Например, первый из открытых изомеров  $Am^{242}$  имеет время жизни 14 мсек, что по крайней мере в  $10^{20}$  раз меньше, чем для основного состояния этого ядра. Такое резкое увеличение вероятности спонтанного деления в изомерном состоянии трудно объяснить на основе общепринятых представлений о свойствах атомных ядер. Согласно современным взглядам на механизм деления барьер деления растет при переходе от четно-четных ядер к нечетным, так как в седловой точке состояние с тем же спином, что и основное состояние нечетного ядра, поднято на 0,5—1 Мэв, а спин в процессе деления должен сохраняться. По этой же причине должен повышаться барьер деления и для изомерных состояний, что должно компенсировать уменьшение проходимости барьера за счет энергии возбуждения изомерного уровня. Поэтому аномально малое время жизни по отношению к спонтанному делению, по-видимому, связано с необычной природой этих состояний, выяснение природы которых значительно затрудняется тем обстоятельством, что их  $\alpha$ - или  $\gamma$ -переходы не обнаружены, а спонтанное деление не позволяет сделать каких-либо заключений об энергии, спине и четности изомерных уровней. Сведений об этих свойствах изомерных состояний можно получить лишь косвенным путем, при исследовании ядерных реакций, приводящих к таким состояниям.

В 1964 г. на Международной конференции по ядерной физике в Париже Г. Н. Флёрвон рассказал об открытии и первом этапе исследований спонтанно деля-

щихся изомеров. Сообщение вызвало большой интерес среди физиков всего мира. При обсуждении этого явления с О. Бором была выдвинута гипотеза о том, что ядра в изомерном состоянии характеризуются деформацией, заметно большей, чем равновесная. Тогда же была достигнута договоренность о сотрудничестве Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ и Института Нильса Бора в исследовании свойств спонтанно делящихся изомеров. Это сотрудничество значительно ускорило исследования, так как экспериментальные методики в ОИЯИ и Институте Нильса Бора взаимно дополняли друг друга. В Лаборатории ядерных реакций имеется крупнейший в мире циклотрон тяжелых многозарядных ионов, на котором ускоряются ионы вплоть до кальция с энергией до 10 Мэв на нуклон и с интенсивностью в десятки микроампер. В Институте Нильса Бора имеется тандем-генератор с высокой моноэнергетичностью пучка ( $\sim 1$  кэв) и достаточно хорошей интенсивностью. На этом генераторе можно ускорять протоны и дейтроны до энергии 14 Мэв.

Для выяснения природы спонтанно делящихся изомеров исследования проводились в двух направлениях: 1) поиски новых изомеров с тем, чтобы установить область распространения этих состояний; 2) изучение свойств известных изомерных состояний ( $Am^{240}$ ,  $Am^{242}$ ): определение энергии и спина уровней, а также путей заселения этих состояний в различных ядерных реакциях.

В соответствии с планом сотрудничества в опытах, проводимых на циклотроне Лаборатории ядерных реакций, участвовали датские ученые: С. Бьернхольм (в 1965 и 1966 гг.) и И. Борггрен (в 1967 г.). В то же время в Институте Нильса Бора в работах принимали участие сотрудники ОИЯИ В. А. Карнаузов (1966 г.), Ю. П. Гангрский (1967 г.) и В. А. Друин (1968 г.).

Работа по поиску новых изомеров проводилась преимущественно на циклотроне Лаборатории ядерных реакций, так как тяжелые ионы вызывают различные по своему характеру реакции, продукты которых имеют самые разнообразные свойства. Высокая интенсивность пучка ионов позволяет получать ядра, образуемые даже с очень низкими сечениями (до  $10^{-34}$  см<sup>2</sup>). Особое внимание было уделено поискам изомеров в наносекундной области. Была использована методика измерения времени пролета: ядра отдачи, выбиваемые из мишени бомбардирующими ионами, пролетали между двумя стеклянными детекторами. Если время жизни ядра мало, то распад происходил во время