



# История развития работ с синхротронным излучением в Институте ядерной физики СО РАН

*Г.Н. Кулипанов*

*4 мая 2018 г.*

UNDULATORS, SNAKES (WIGGLERS)

ACCELERATORS, STORAGE RINGS

SR THEORY



Наука интернациональна, в решении проблем, связанных с генерацией СИ, приняло участие все международное сообщество. Российские учёные практически всегда были в числе первых. На рисунке приведены фотографии выдающихся российских учёных И.Я. Померанчука, Л.А. Арцимовича, В.И. Векслера, Г.И. Будкера и В.Л. Гинзбурга, заложивших основы теории СИ, основные принципы ускорения заряженных частиц, создания накопителей и специализированных генераторов синхротронного излучения (ондуляторов и вигглеров).

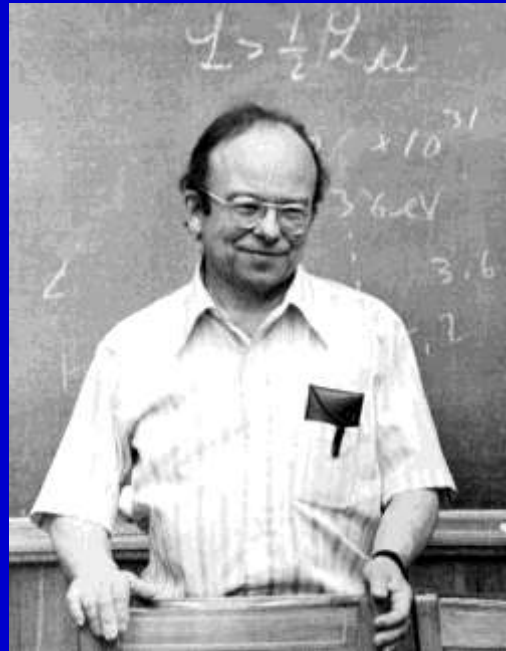
**Прогресс источников СИ был связан с разработкой накопителей-коллайдеров для физики высоких энергий (AdA, VEP-1, PSSR)**



*B. Touschek  
(Frascati)*



*D.K. O'Neill  
(Princeton)*

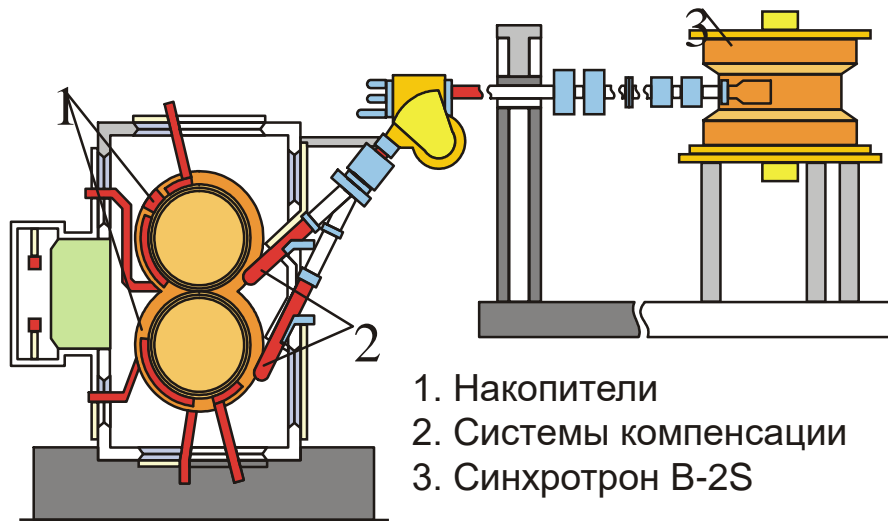


*W. Panofsky  
(Stanford)*

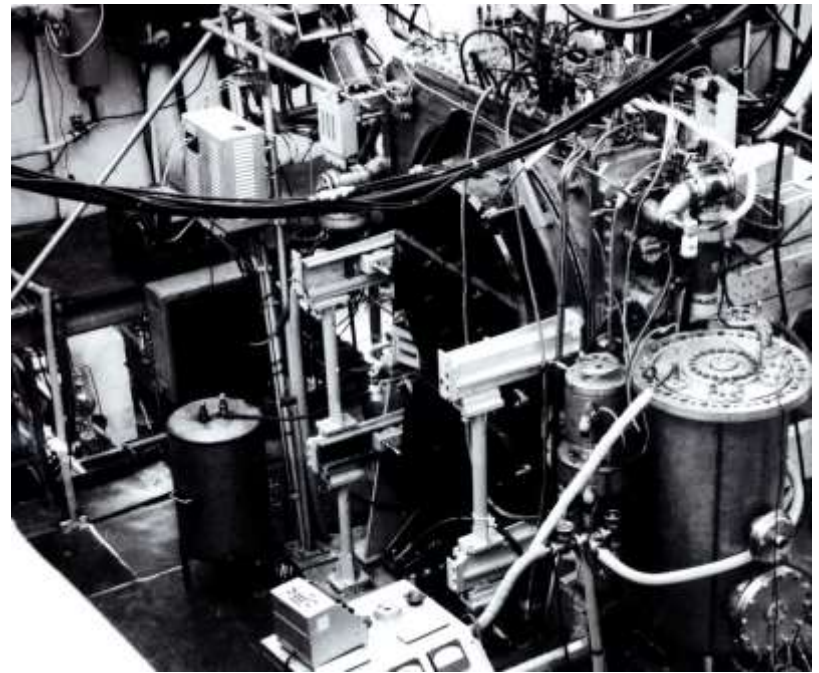


*G. Budker  
(Novosibirsk)*

# Первый российский накопитель – электрон-электронный коллайдер ВЭП-1, Новосибирск, 1963 г.



1. Накопители
2. Системы компенсации
3. Синхротрон В-2S



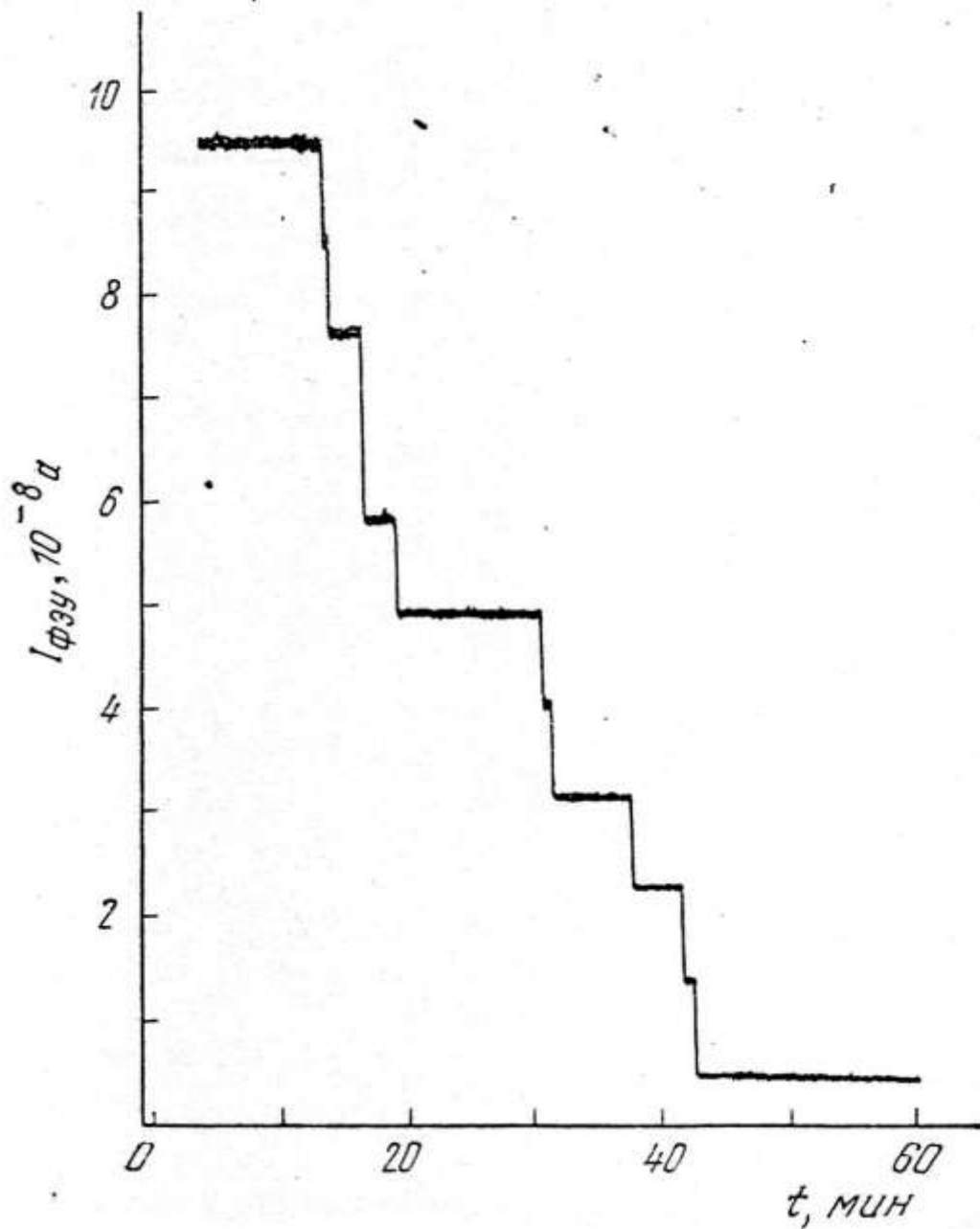
*ВЭП-1, сегодня –  
мемориальный экспонат*

$E = 90 \text{ МэВ} - 320 \text{ МэВ}$  (всего);  $L = 5 \cdot 10^{27} \text{ см}^{-2} \text{сек}^{-1}$   
Эксперименты в 1965-1967 гг.:

- упругое электрон-электронное рассеяние  
(одновременно с накопителями Принстона и Стенфорда);
- двойное тормозное излучение (первое наблюдение и изучение)

**Первые эксперименты со сталкивающимися пучками электронов – 1965 г.**

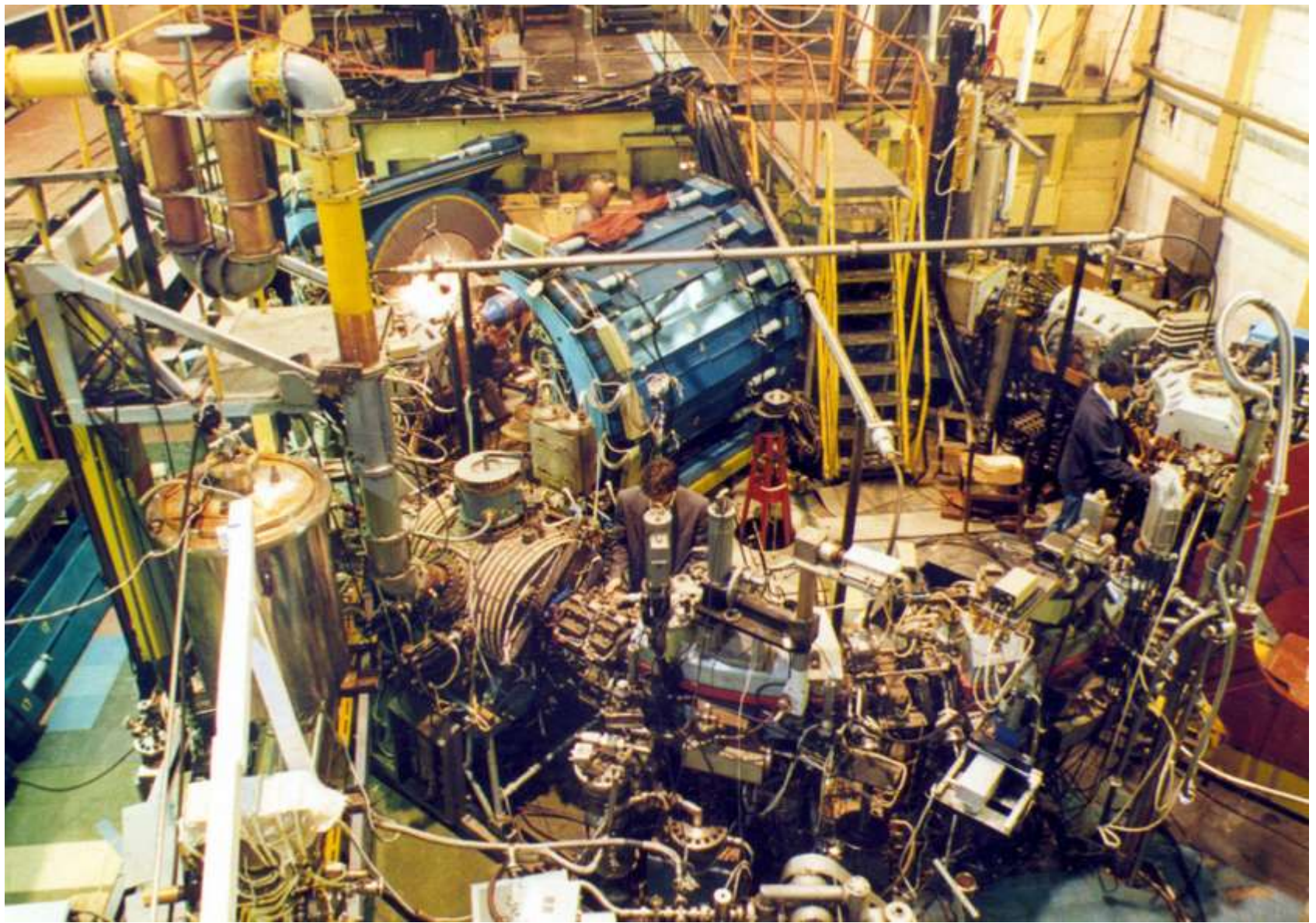




SR beam from  
11, 10, 9, ..., 3, 2, 1  
electrons in VEP-1 (1965)



*ВЭПП-3 – источник рентгеновского СИ, 1973 г.*



*Storage ring VEPP-2M (0.7 GeV, SR region – VUV + soft X-ray), 1974  
(SR works started in 1974 and finished on December 2000)*



*Г.Н.Кулипанов*

*М.А.Шеромов*

*Б.В.Хлестов*

*Н.А.Мезенцев*

*Е.С.Глускин*

*В.Е.Панченко*

*В.Н.Корчуганов*

*Н.А.Винокуров*

*А.М.Павленок*

*В.Ф.Пиндюрин*

*В.А.Ушаков*

*В.Н.Литвиненко*

*В.Б.Барышев*

*С.Ю.Высоковский*

*В.В.Гольинский*

*А.С.Соколов*

*Команда молодости нашей...*





## **СИ в ИЯФ: начало научных экспериментов**

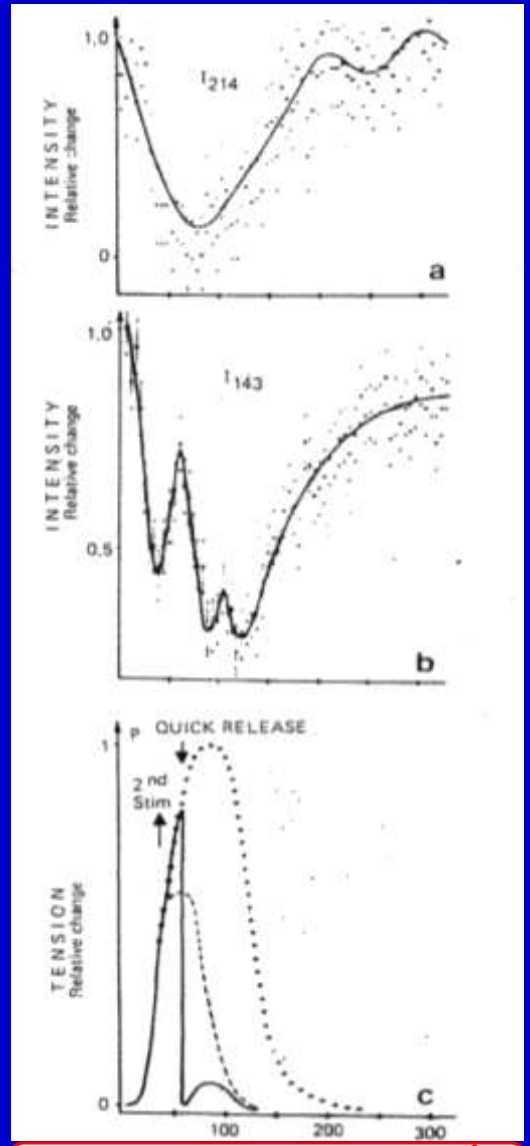
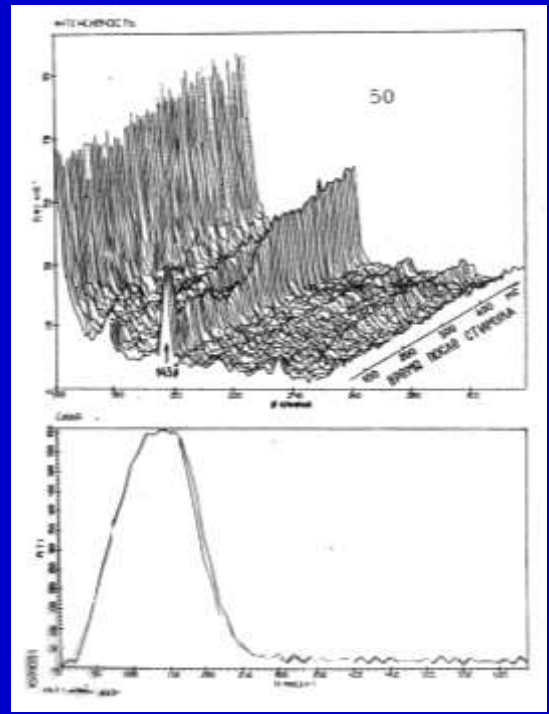
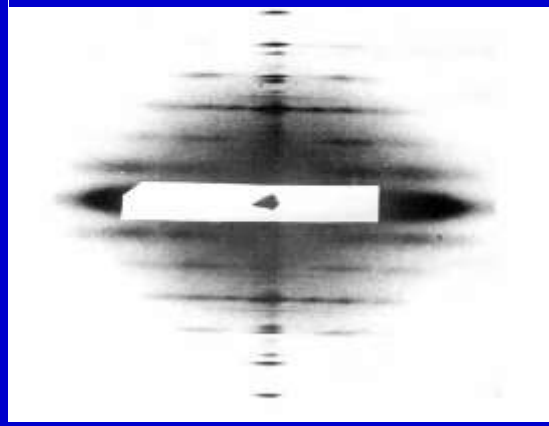
В июле 1973 г. в Институте ядерной физики был впервые выведен пучок рентгеновского синхротронного излучения (СИ) из накопителя ВЭПП-3.

В том же, 1973 году, коллективом профессора М.А. Мокульского из Московского Института молекулярной биологии были получены первые СИ-дифрактограммы с целью определения структуры цезиевых солей ДНК.

*Проф. М.А. Мокульский  
(снимок 70-х лет)*



В следующем, 1974, году, Альвина Вазина из Института Биофизики (Пущино) начала изучение структуры биополимеров с большими периодами, в частности, структуры мышцы.



Разрешение по времени – 2 мс !



*Первое рабочее совещание по синхротронному излучению, 1975 г.*



В 1977 г. было подписано Советско-Английское соглашение о сотрудничестве в области синхротронного излучения.

В 1978-1981 г.г. команды из английских университетов активно использовали синхротронное излучение из ВЭПП-3.

*Проф. Фил Дюк и Проф Кис Бовен  
(Англия)*



*Д-р Пьер Дез – пионер работ  
с синхротронным излучением во  
Франции и на ВЭПП-2м, 1982 г.*



*Проф. У. Штайнике и Проф. В. Блау (ГДР)*

**Первые эксперименты по рентгеновской топографии с временным разрешением (рентгенотопографическое “кино”), 1978 г.**



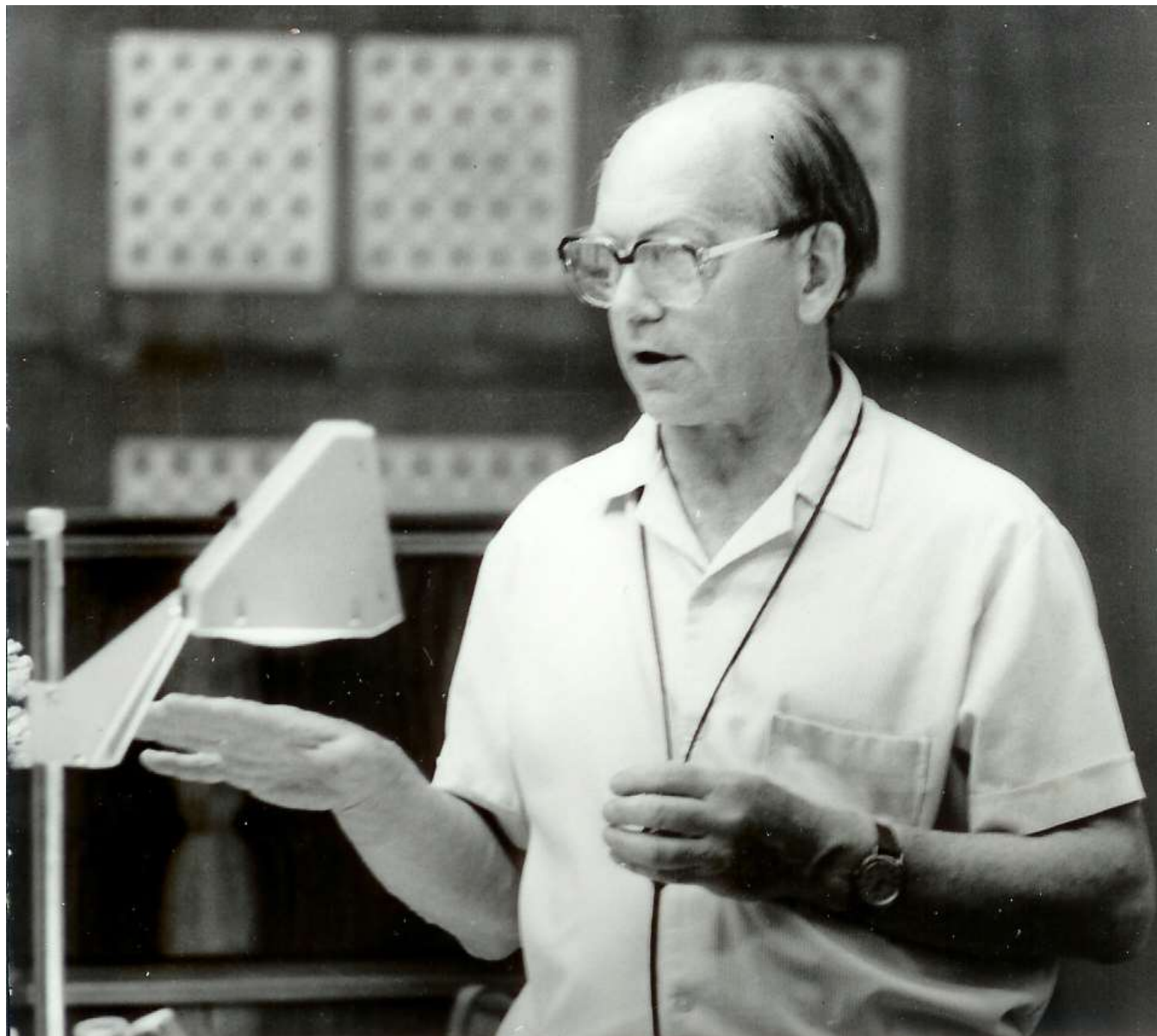
*Алексей Павленок и Олег Алешко-Ожевский*

## Бункер на ВЭПП-3 для экспериментов с СИ, 1981 г.



*Урсула Штайнике, Борис Толочко и Михаил Шеромов*





*Лауреат Государственной премии СССР Л.С. Тарасов (ГЕОХИ, Москва) – пионер исследований состава лунного грунта с использованием синхротронного излучения*

# СИ из "змейки" на ВЭПП-3, 1980-1982 гг.

И Н С Т И Т У Т  
ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ СОАН СССР

ПРЕПРИНТ И Я Ф 78 - 13

Л.М.Барков, В.Б.Барышев, Г.Н.Кулипанов,  
Н.А.Мезенцев, В.Ф.Пиндурин, А.П.Саринский,  
В.М.Хорев

ПРОЕКТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ "ЗМЕЙКИ" ИЗ  
СВЕРХПРОВОДЯЩИХ МАГНИТОВ ДЛЯ  
ГЕНЕРИРОВАНИЯ СИНХРОТРОННОГО  
ИЗЛУЧЕНИЯ НА НАКОПИТЕЛЕ ВЭПП-3

Новосибирск  
1978

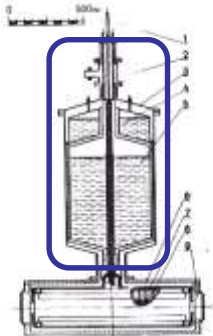
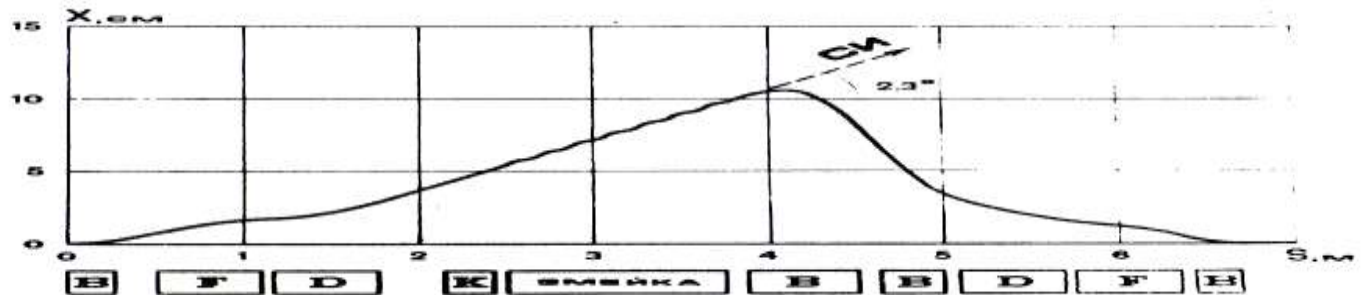
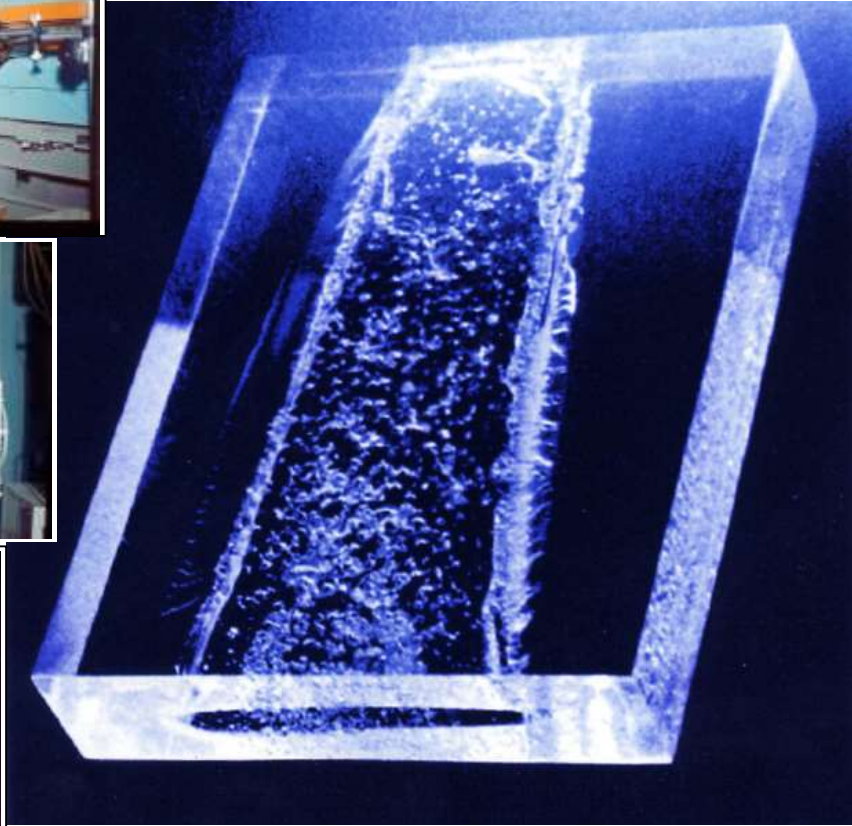
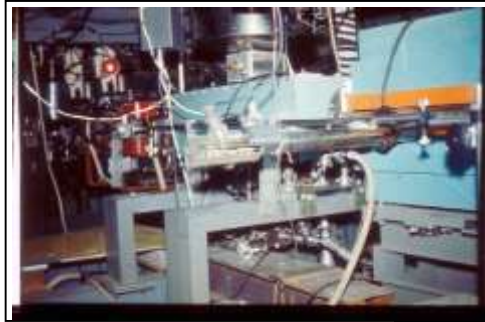


Схема оси "змейки" для накопителя ВЭПП-3  
(сечение для каждого элемента): 1 - тороидная;  
2 - корпус сосуда с жидким гелием; 3 - вакуум-  
изоляция; 4 - вакуумный экран; 5 - катушка соленоида; 6 -  
вакуумный экран; 7 - термостатическая защита; 8 -  
бандаж катушки сверхпроводника.





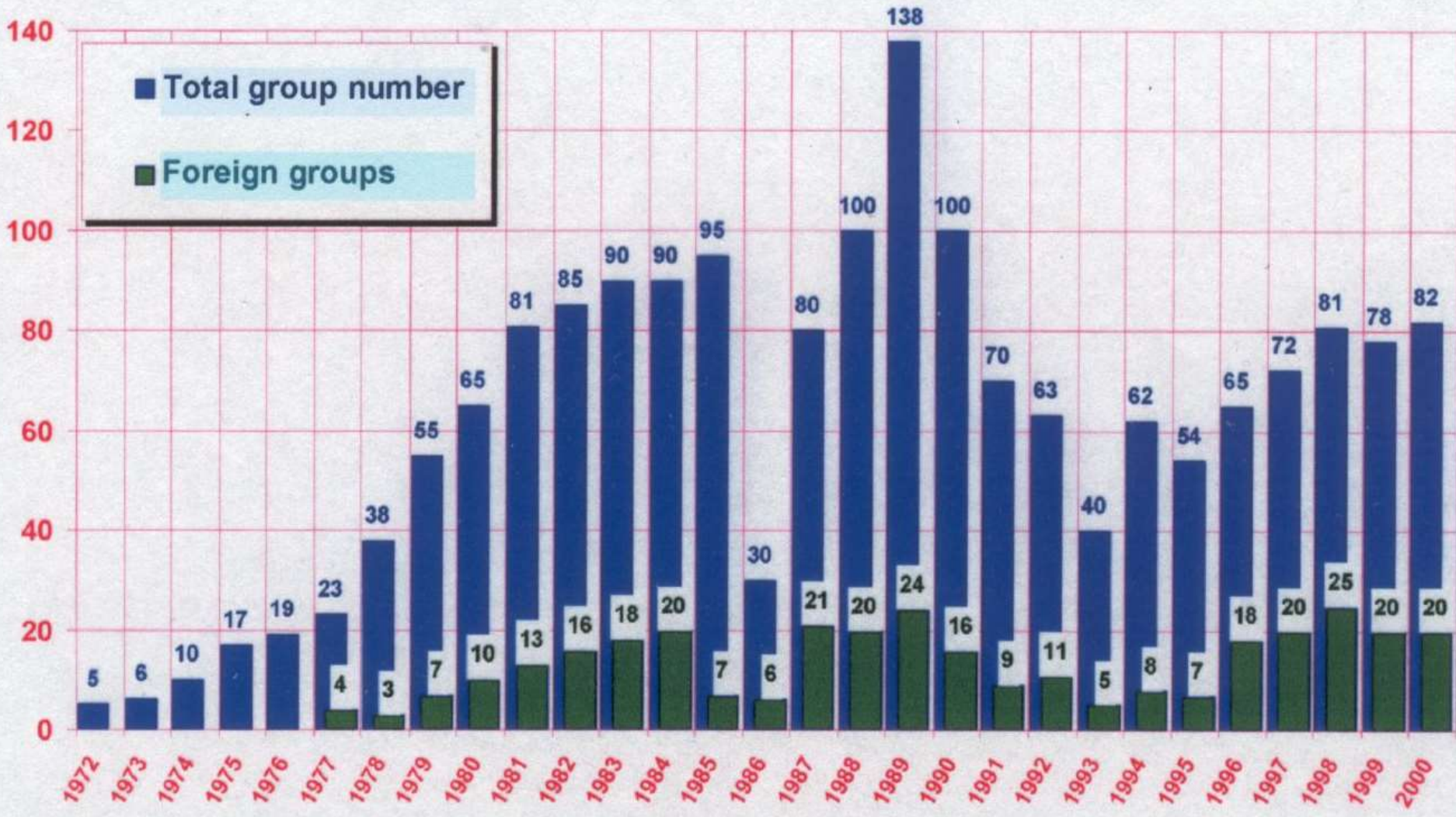
*Визит нобелевского лауреата Проф. Мессбауэра в ИЯФ, 1984 г.*



*Проф. Г. Виник – пионер работ  
с синхротронным излучением в США*



*Визит Проф. К. Кора – пионера работ с синхротронным излучением в Японии и первого директора "Photon Factory", KEK, Tsukuba, 1982 г.*



*The number of research groups in SSRC (1972 - 2000),  
2001 – 70 research groups (18 – foreign groups)*

## VII - Всесоюзное совещание по использованию синхротронного излучения (СИ-86), 1986 г.



## Участники XIV Российской конференции по использованию синхротронного излучения (СИ-2002), 2002 г.



**208** участников СИ-2002 представляли **77** Российских исследовательских организаций и **16** зарубежных научных центров:

Berkeley, Berlin, Daresbury, Darmstadt, Durham, Grenoble, Hamburg, Harima, Hsinchu (Taiwan), Ithaca, Karlsruhe, Lund, Pohang, Seattle, Tokyo, Tsukuba



- В 1970х и 1980х годах работы по генерации и применениям синхротронного излучения в России соответствовали мировым стандартам, а иногда и превышали их, и определяли уровень исследований по СИ в мире (источники СИ VEPP-3, DORIS, SPEAR).

- Цикл работ А.А. Вазиной (Пущино) по исследованию структуры биополимеров;
- Цикл работ ИХТТМ СО РАН по исследованию кинетики химических реакций с временным разрешением (сек – 10 мксек);
- Цикл работ ИК СО РАН по исследованию катализаторов и каталитических процессов;

- Цикл работ Л.С. Тарасова (ГЕОХИ РАН) по исследованию элементного состава лунного грунта;
- Цикл работ ЛИН СО РАН, ИГМ СО РАН, ИЯФ СО РАН - исследование палеоклимата по донным осадкам сибирских озер (озеро Байкал, Телецкое озеро и др.);
- Цикл работ по изучению взрывных и детонационных процессов (ИХТТМ СО РАН, ИЯФ СО РАН, ИГиЛ СО РАН, РФЯЦ-ВНИИТФ, РФЯЦ-ВНИИЭФ).



*Источник СИ "Сибирь-2", РНЦ "Курчатовский институт", Москва*



*Процедура “инаугурации” источника СИ “Сибирь-2”,  
РНЦ “Курчатовский институт”, Москва, 1999 г.*

- Далее ситуация с источниками и работами на пучках СИ в России резко ухудшилась. Это связано с тем, что в мире появились источники СИ 3<sup>го</sup> поколения – огромные установки стоимостью 1-2 млрд. долларов, которые в российских условиях было невозможно построить.
- В настоящее время Россия располагает четырьмя действующими и 1 строящимся источником СИ, но это в лучшем случае источники 2<sup>го</sup> поколения.





## Проект

специализированного источника синхротронного излучения

Сибирского отделения РАН -

**Центр коллективного пользования «СКИФ»**

(Сибирский Кольцевой Источник Фотонов)

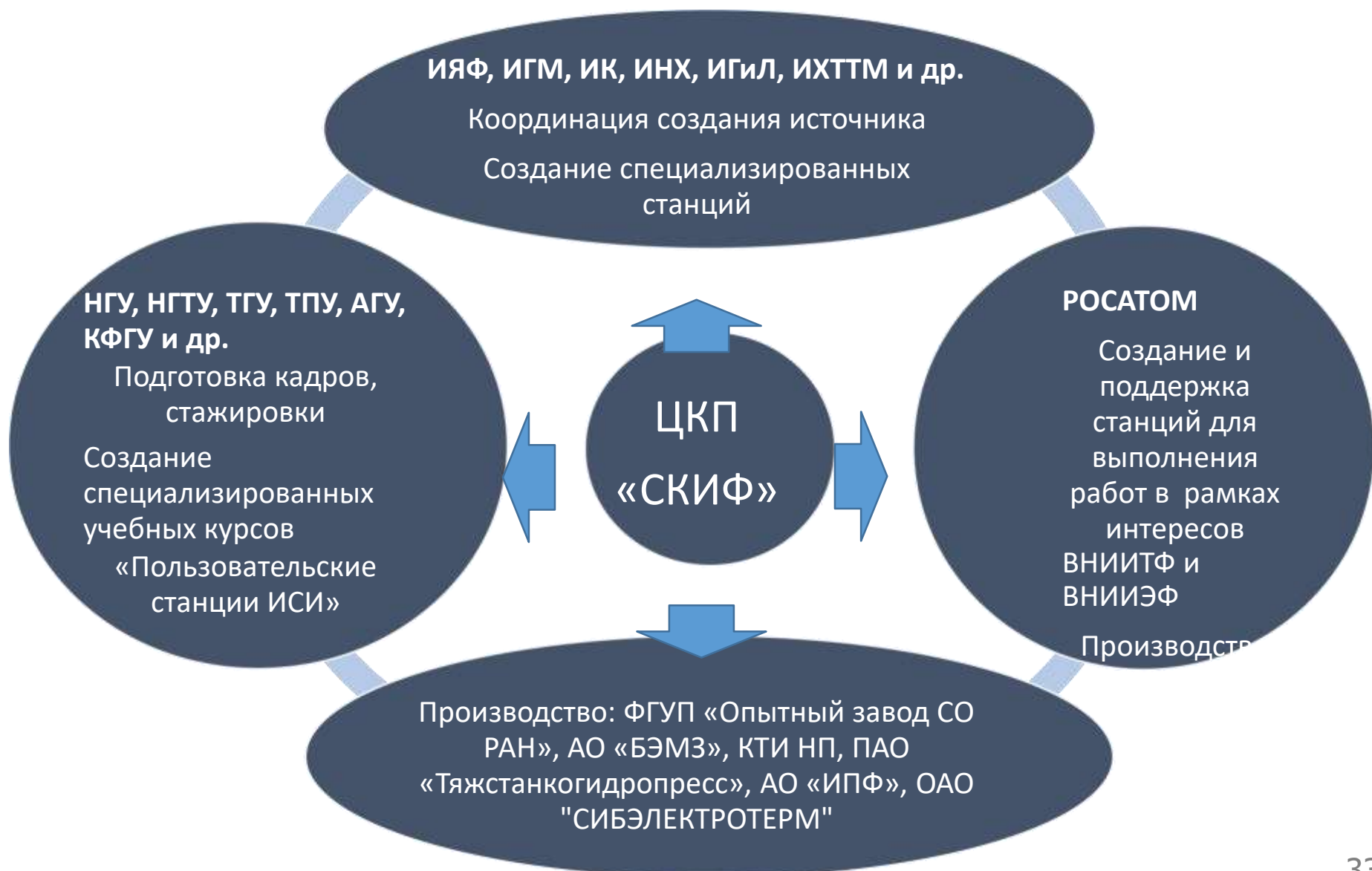
Сроки строительства: 2019-2028 гг.; 40 млрд. руб. , федеральный бюджет

Инициатор: Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН





# Интеграционный эффект



# Параметры проекта, стоимость

## Этапы и стоимость

Этапы	Сроки	Стоимость
1-я очередь	5 лет	29,3 млрд. руб.
2-я очередь	5 лет	10,7 млрд. руб.
Эксплуатация, с ФЗП	с 2024 г	1 млрд. руб. /год

## Целевые параметры

Энергия	3 ГэВ
Пользовательских станций	32
Периметр источника	465 м
Новых рабочих мест	300 чел
Пользователей (в год)	10000

## Параметры здания

Площадь застройки, м <sup>2</sup>	40 000
Площадь зданий и сооружений, м <sup>2</sup>	68 000
Строительный объем, м <sup>3</sup>	480 000
Потребляемая электрическая мощность, кВт	19 600

## Участники

Более 50 научных организаций СО РАН, УрО РАН, ДвоО РАН

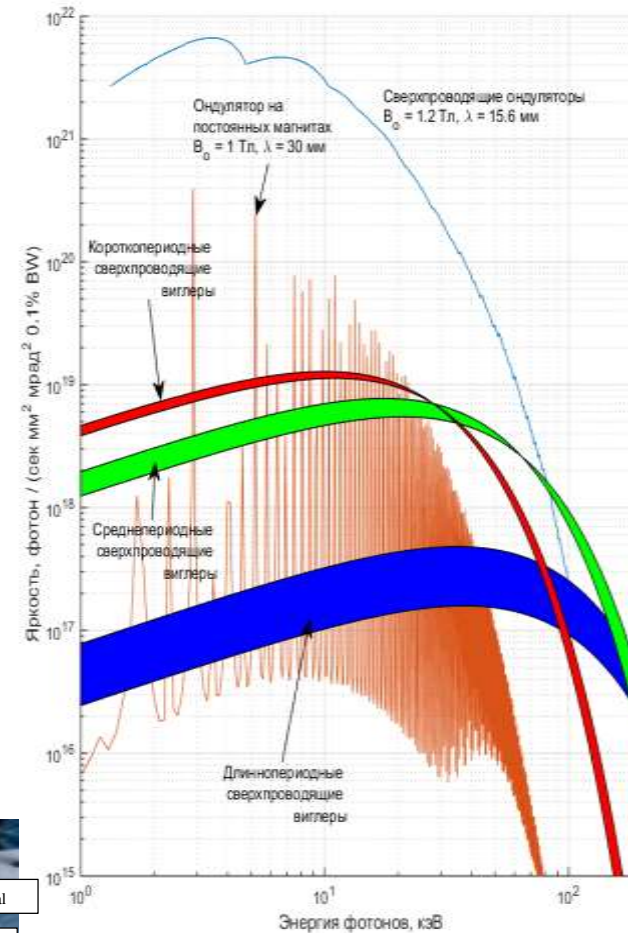
Более 10 ВУЗов

Промышленность:

Химическая, энергетика, машиностроение и металлообработка, микробиологическая ...

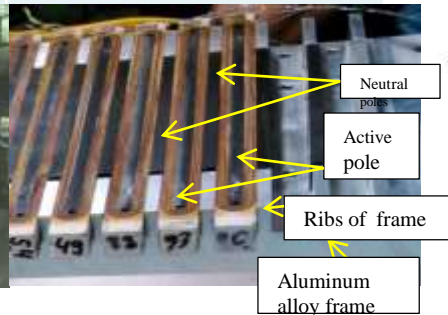
# Устройства генерации излучений

Тип устройства	Поле, Тл	Период, мм	Количество периодов	Особенности
Вигглер длиннопериодный	7.5 – 7.0	200 – 140	15 – 20	Непрерывный спектр
Вигглер среднепериодный	4.2 – 3.5	60 – 48	50 – 60	Непрерывный спектр
Вигглер короткопериодный	2.2 – 2.0	34 – 30	80 – 100	Непрерывный спектр
Сверхпроводящий ондулятор	1.2	15.6	200	Дискретный спектр
Ондулятор на постоянных магнитах	1	30	100	Механическая перестройка спектра
Вакуумный ондулятор	1.5	20	150	Малый магнитный зазор (до 4 мм)
Apple-II ондулятор	0.8	30	100	Переключаемая поляризация (линейная-циркулярная)

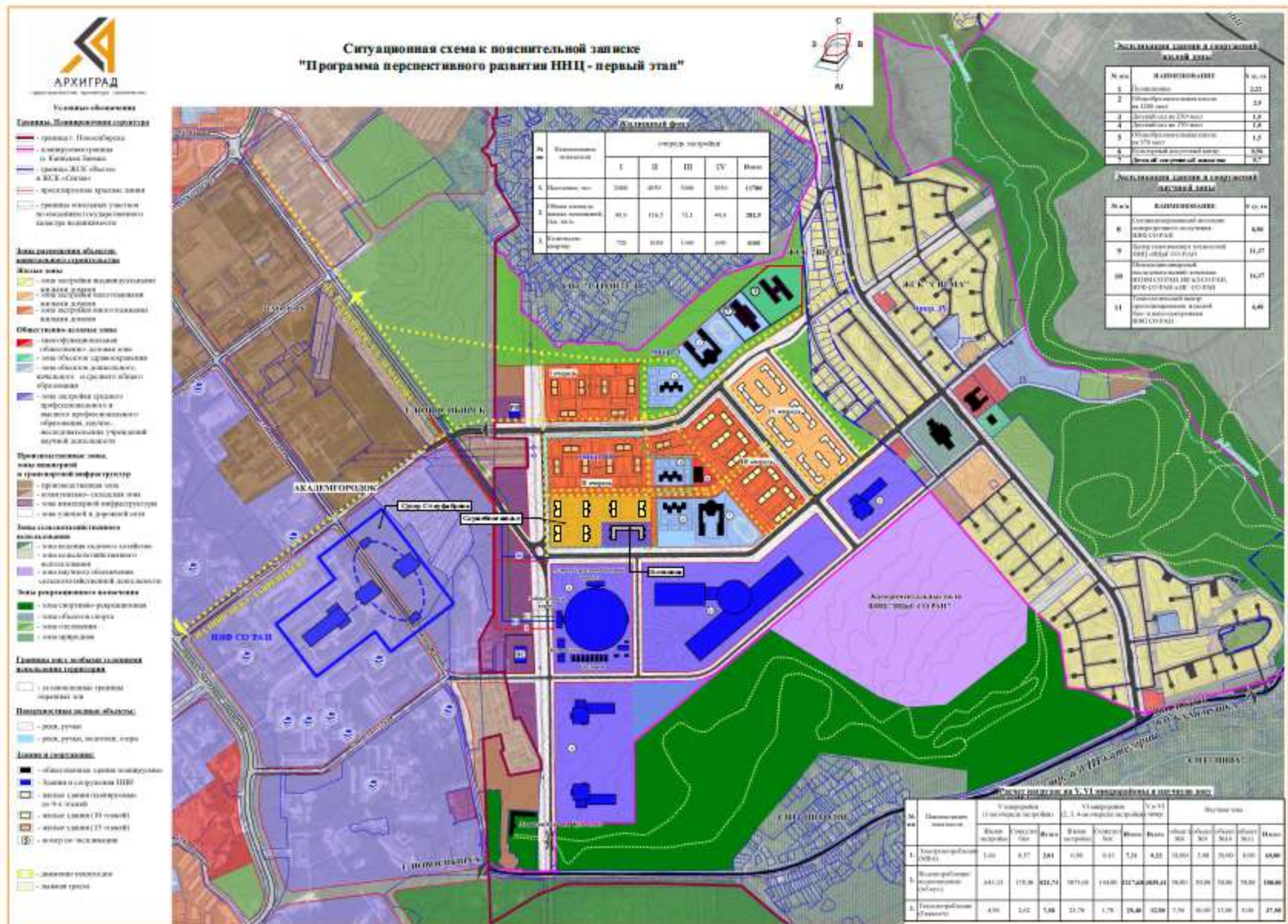


Сверхпроводящий 72-полюсный вигглер с полем 3Т для источника СИ ANKA, Карлсруэ, Германия

Прототип ондулятора для XFEL, Германия



# Программа перспективного развития Новосибирского научного центра (ННЦ)



**Визит В. Путина в ИЯФ СО РАН 11 февраля 2018**  
**Беседа со студентами Новосибирского государственного университета и**  
**учащимися Специализированного учебно-научного центра НГУ**



**Спасибо за внимание**

