



# ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО РАЗДЕЛЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГЕЛИЯ С ЦЕЛЬЮ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ИЗОТОПА $^3\text{He}$



к.т.н. Куприянов М. Ю.

Научный руководитель:  
д.т.н., профессор В.Л. Бондаренко

Москва 2017 г.

## Актуальность работы



- Сегодня единственный промышленный источник  $^3\text{He}$  (побочный продукт распада) – тритий. Объем производства  $^3\text{He}$  составляет около 15 нм<sup>3</sup>/год.
- Мировой спрос – около 45 нм<sup>3</sup>/год.

Потенциальные Земные природные источники  $^3\text{He}$ :

1) Воздушный гелий:

- средняя концентрация  $^3\text{He}$  – 1,4 ppm;
- потенциальная производительность по  $^3\text{He}$  ~ 200 нл/год.

2) Гелий из природного газа:

- средняя концентрация  $^3\text{He}$  – 0,1 ppm;
- потенциальная производительность по  $^3\text{He}$  – 15...30 нм<sup>3</sup>/год.

График мирового спроса и предложения  $^3\text{He}$



**Цель работы** - определение области рациональных параметров фильтрационной, ректификационной и адсорбционной стадий обогащения при низкотемпературном разделении смеси изотопов  $^3\text{He}$ - $^4\text{He}$ .

# Экспериментальный стенд установки

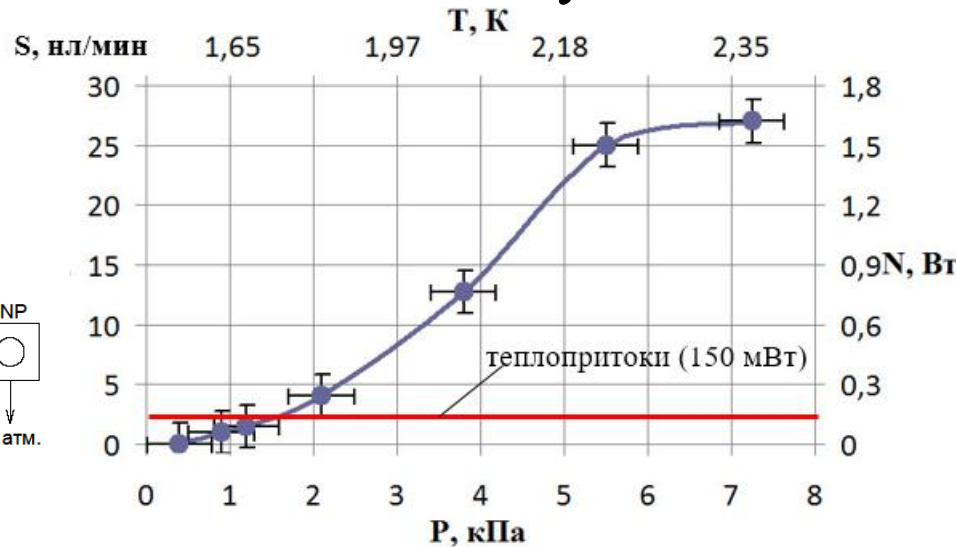
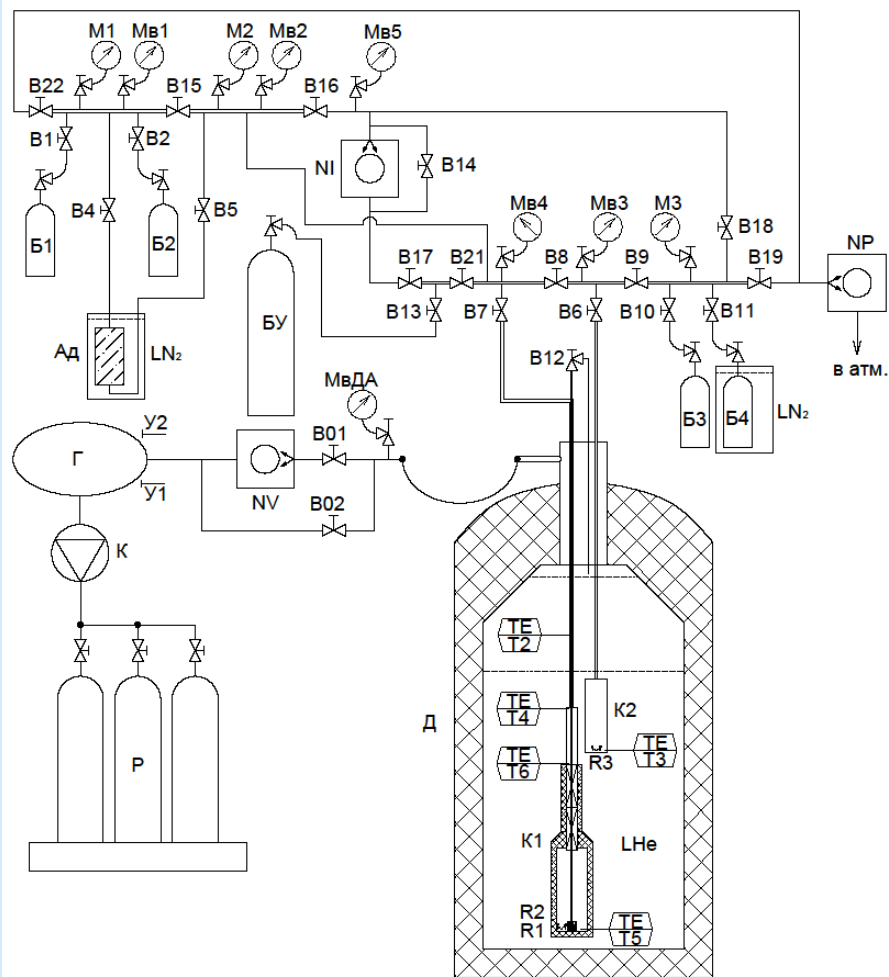
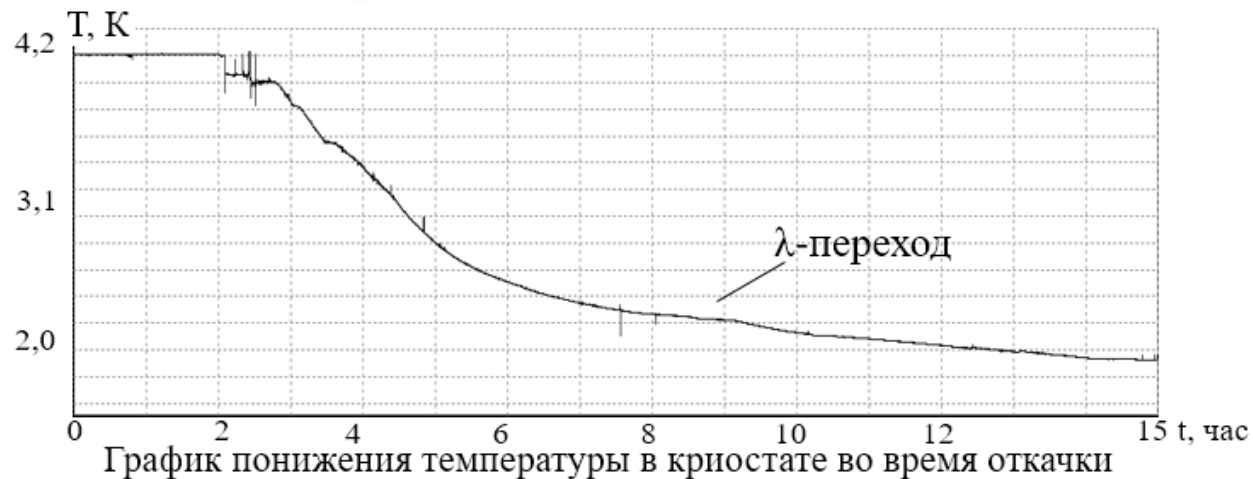


График зависимости скорости откачки насоса GXS 250 паров гелия и температуры, соответствующей давлению насыщенных паров гелия, от максимальной мощности термостатирования



- Был создан экспериментальный стенд для исследования процесса низкотемпературной ректификации смеси гелиевых изотопов в насадочной колонне, обеспечивающий работу в диапазонах температур 1,95...5,2 К, давлений 2,7...103 кПа, максимальной нагрузки по жидкости 20 мг/сек при флегмовом отношении, равном единице, на температурном уровне 2,0 К, и возможностью термостатирования с точностью  $\pm 30$  мК.

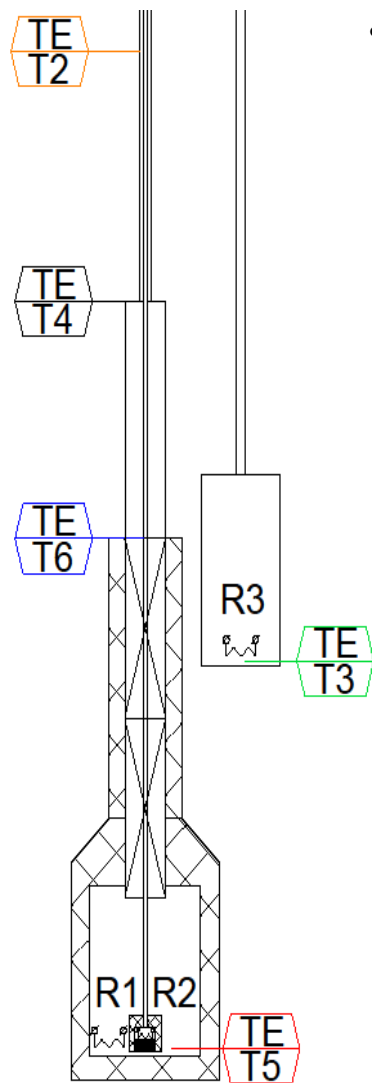
# Ректификация. Экспериментальный стенд

## Параметры колонны:

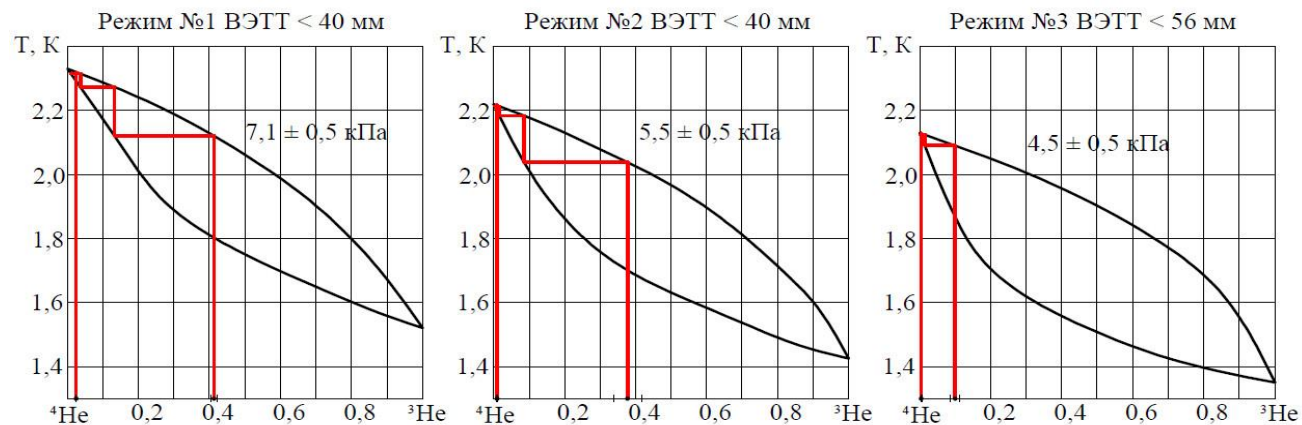
- тип: насадочная;
- режим работы: периодический;
- высота слоя насадки: 100 мм;
- давление:  $2,7 \dots 10^3$  кПа;
- температура в кубе:  $2,2 \dots 5,2$  К;
- температура в конденсаторе:  $1,95 \dots 2,8$  К;

## Насадка:

- тип: нерегулярная спирально-цилиндрическая  $\varnothing 1,5 \times 1,5$  мм;
- материал: сталь 12X18H10T;
- насыпная плотность:  $1775$  кг/м<sup>3</sup>;
- доля свободного объема: 77 %.
- удельная поверхность контакта:  $4500$  м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>



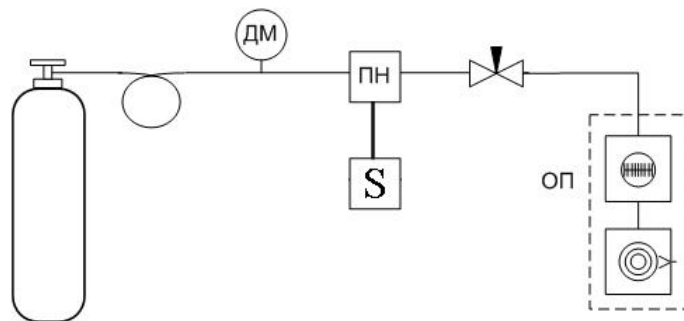
- Разработана методика расчета процесса ректификации изотопов гелия и предложена рациональная схема его организации в условиях непрерывной технологии обогащения и сопряжения с процессами фильтрации и сорбции.
- Экспериментально исследован процесс разделения в насадочной колонне и определены удельные энергетические затраты при различных режимах работы колонны.



# Методика отбора проб и газового анализа

- Разработана методика экспериментального исследования, отбора проб и газового анализа изотопного состава, оценки погрешности измерения.
- Минимальное время анализа проб сокращено более чем в 10 раз по сравнению с традиционной методикой и составляет не более 10 минут, а минимальный объем пробы сокращен более чем в 100 раз и составляет не более 10 мл.

Схема ввода пробы



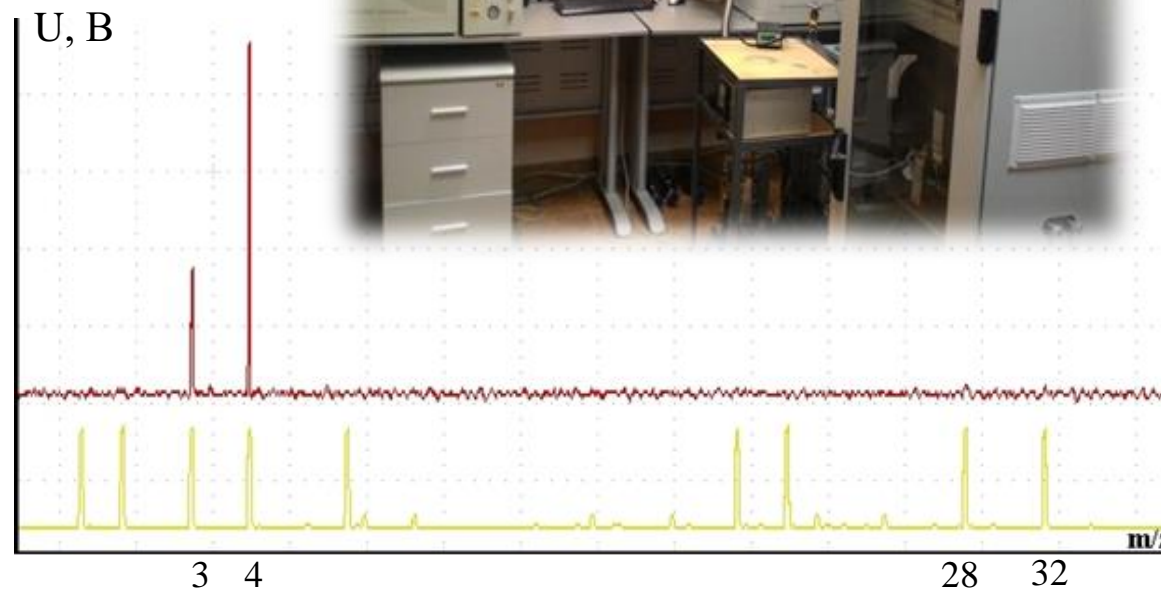
ДМ - мановакуумметр Дм 5002М

ПН - пьезонатекатель

ОП - высоковакуумный откачной пост

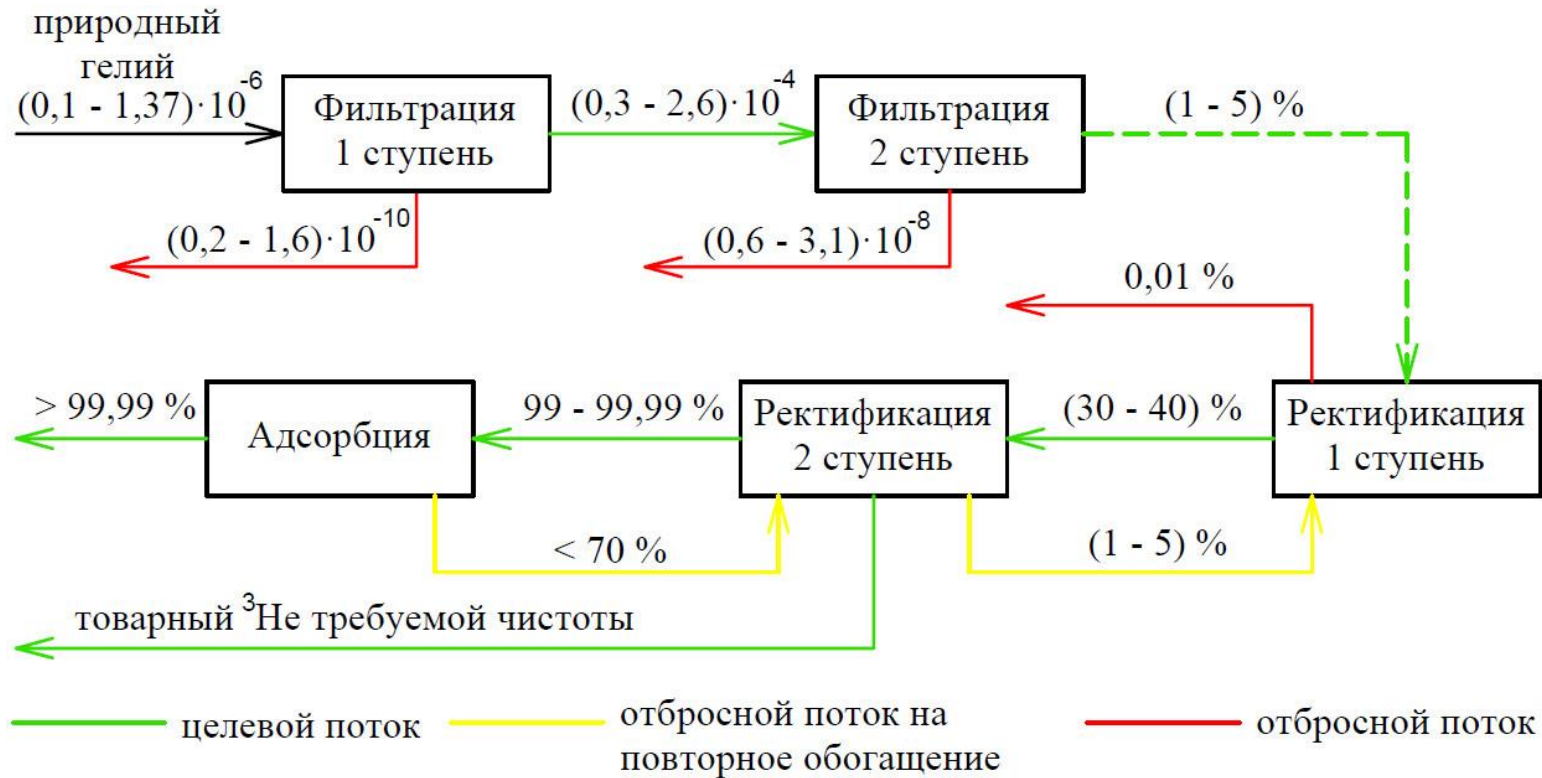
S - времяпролетный масс-спектрометр ЭМГ 20-8

Лаборатория газового изотопного анализа на базе НОЦ «Криология»



Спектрограмма второй пробы (39 %  $^3\text{He}$ )

## Этапы технологии промышленного получения $^3\text{He}$ из природного гелия



- Определена область рациональных значений промежуточных концентраций всех технологических этапов цепочки промышленного получения  $^3\text{He}$  из природного гелия с содержанием  $^3\text{He}$  от 0,1 до 1,4 ppm криогенными методами.

На основе проделанной работы были выданы исходные данные для создания опытно-промышленной установки извлечения  $^3\text{He}$  из природного гелия. В настоящий момент работа по данной тематике продолжается.