

А.М.АРХАРОВ, И.А.АРХАРОВ, С.Н.ПУРТОВ
МГТУ им. Н.Э.Баумана,
В.Л.БОНДАРЕНКО, Н.П.ЛОСЯКОВ, В.Н.РУРА
СП "Айсблик" (Одесса),
Ю.М.СИМОНЕНКО
ОГАХ (Одесса),
М.Ю.САВИНОВ, П.А.КАПРАЛОВ,
П.И.ВОЛЫНСКИЙ, А.С.БРОНШТЕЙН
"Хром" (Москва),
А.А.ГОЛУБЕВ, М.Ю.БЕЛОВ, А.П.ГРАФОВ
"Криптон-94" (Москва)

Новая техника для получения неона и гелия высокой чистоты с использованием криогенной технологии

Группой ученых создан комплекс установок, предназначенных для безотходной очистки неона и гелия при температуре 28...68 К. Предложена единая технологическая цепь получения из атмосферного воздуха редких газов с чистотой до 99,9999%.

Разработаны, изготовлены и введены в эксплуатацию установки для переработки неон-гелиевой смеси и специальные средства криогенного обеспечения процессов фракционной конденсации, ректификации и адсорбции. Создание этой новой техники обеспечивает отечественной криогенике лидирующее положение в области производства высокочистых редких газов.

Объем мирового потребления неона в ближайшие годы превысит 260 тыс. м³/год. Основными потребителями этого газа являются электроламповая промышленность, лазерные технологии и космическая техника (рис. 1).

В наступающем десятилетии ожидается устойчивый рост потребления газообразного и жидкого неона, в частности, для криостатирования сверхпроводящих кабелей [7].

Инертные газы выделяют из атмосферного воздуха в несколько этапов, в результате чего содержание примесей в неоне снижается с десятков до долей процента.

На рис. 2 приведен типовой вариант технологической цепочки превращения Ne из компонента сырой смеси в продукт высокой чистоты. Завершающие стадии этого процесса осуществляют при температурах ниже 30 К, для реализации которых требуется специальное производственное и аналитическое оборудование. Зачастую центры окончательной переработки располагаются на значительном удалении от мест накопления первичного концентрата.

В этом случае технологическая цепочка получения неона разделяется на два макроэтапа. Для первого из них характерны температурные уровни кипящего азота. Доступность и приемлемая

A complex of plants has been created for wasteless purification of neon and helium at 28...68K. A single technological chain for obtaining rare gases with the purity up to 99.9999% from atmospheric air has been formed. An analysis of dynamics of world production of neon and main directions of its applications are given.

стоимость этого хладагента позволяют организовать на воздухоразделительных установках непрерывную первичную очистку сырья [5]. Степень предварительного обогащения концентрата на отдельных пунктах может изменяться в зависимости от конкретных производственных условий.

Естественное стремление снизить расходы на перевозку продукта обуславливает необходимость максимальной

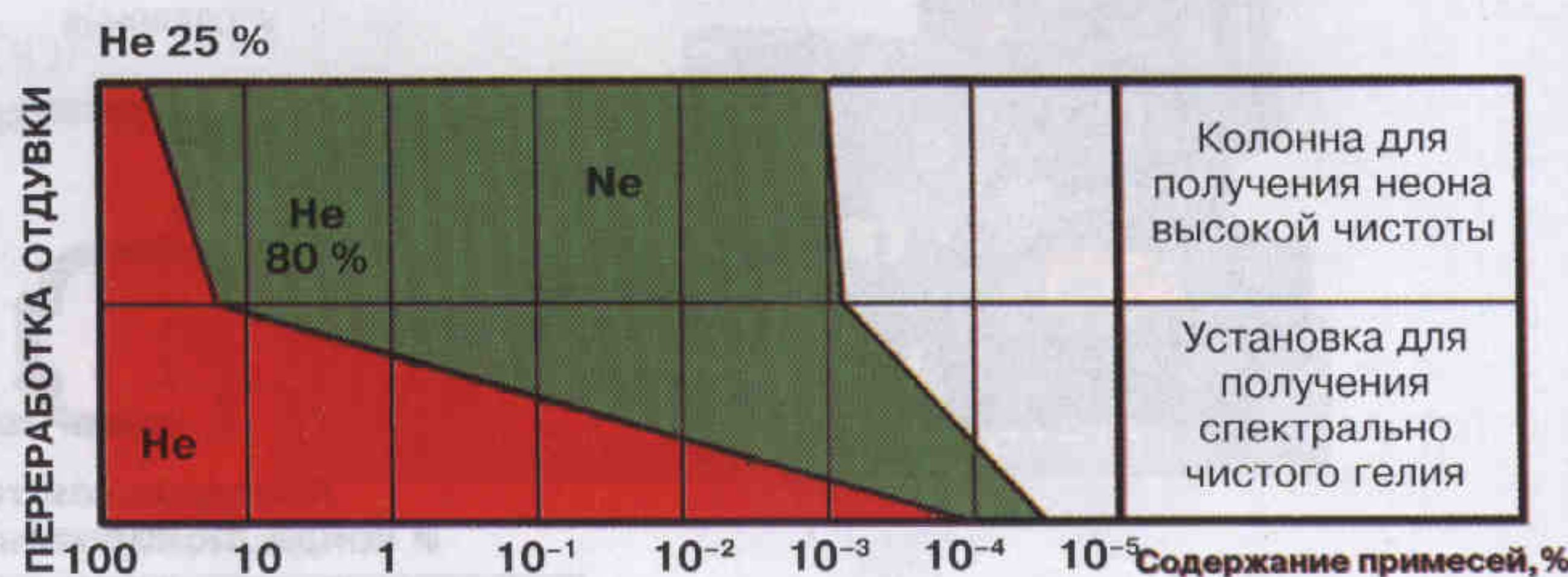
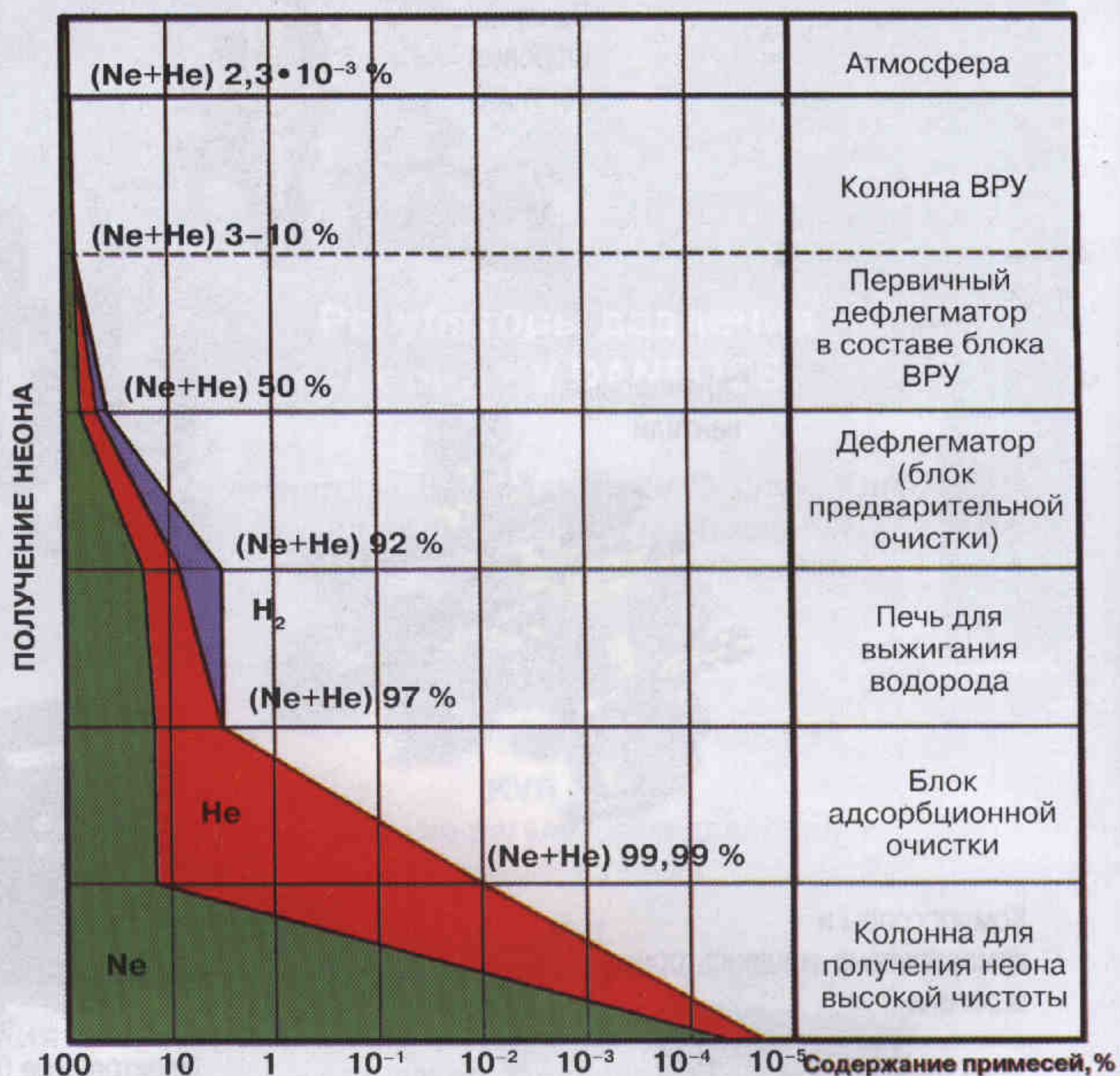
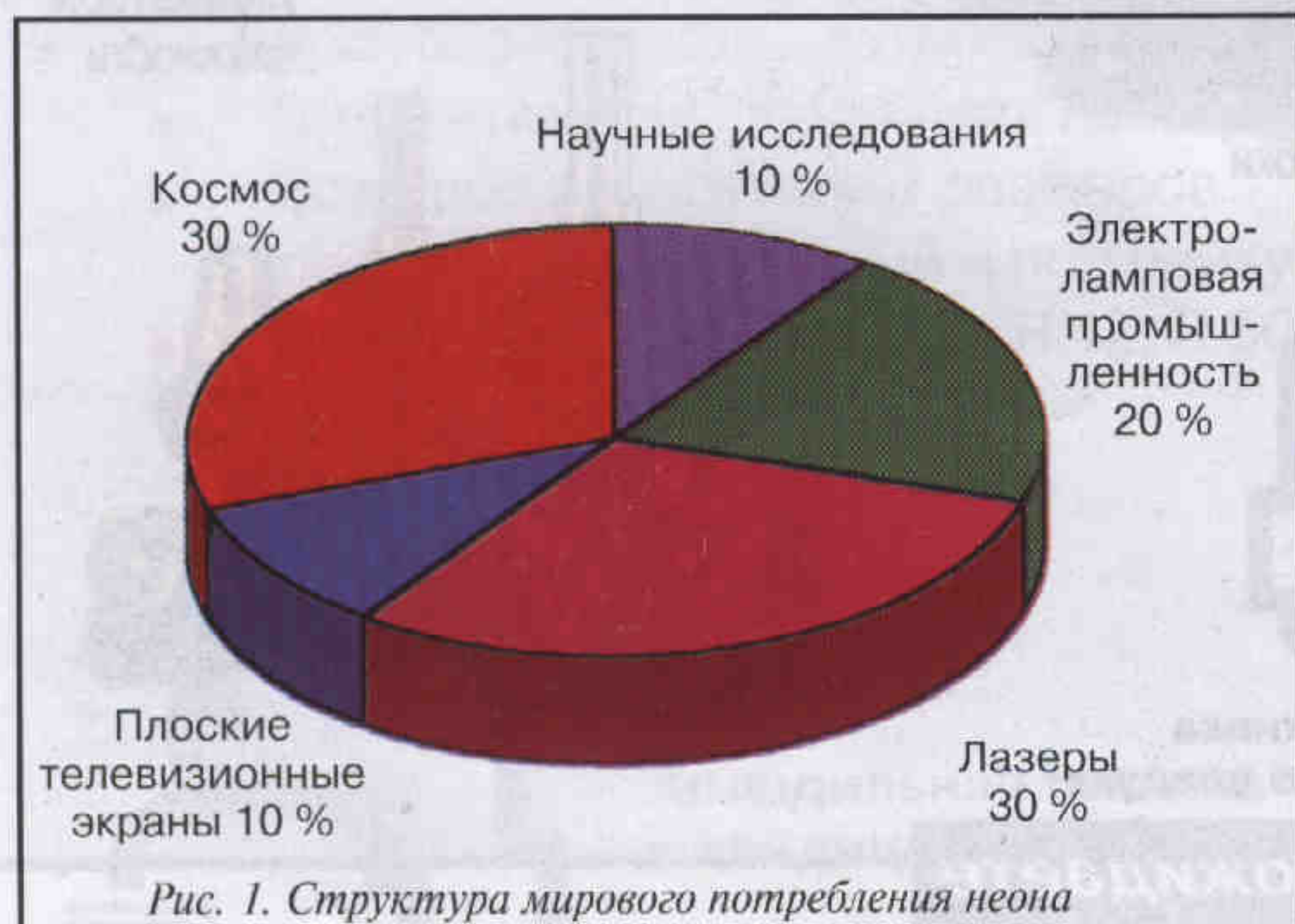


Рис. 2. Типовая технологическая цепочка получения неона и гелия высокой чистоты

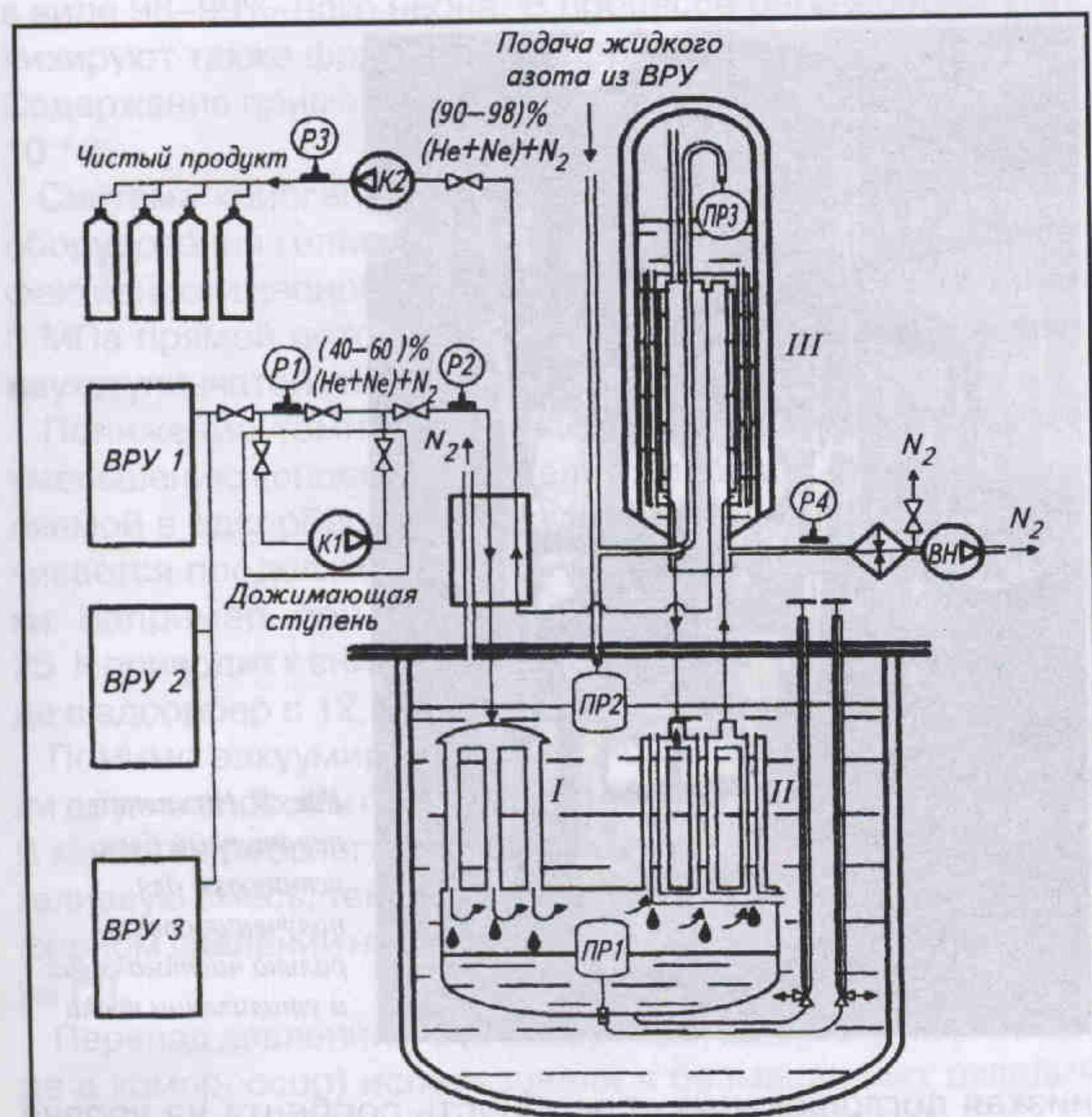


Рис. 3. Схема ступенчатого дефлегматора для обогащения неона-гелиевой смеси:

ПР1–ПР3 – поплавковые регуляторы уровня азота;
K1, K2 – компрессоры; ВН – вакуумный насос;
ВРУ1–ВРУ3 – воздушоразделительные установки

очистки газа от примесей на месте. Вместе с тем в условиях сложившейся структуры производства Ne-Ne-смеси оптимальное содержание примесей после предварительной очистки составляет 3–10 % (не включая гелий) [1].

Предварительная очистка неона-гелиевого концентрата осуществляется в дефлегматоре (рис. 3). На вход в аппарат из нескольких блоков разделения воздуха подается Ne-Ne-смесь (расход 12...15 м³/ч). На рис. 4 показан дефлегматор в процессе изготовления.

Поток исходной смеси (концентрация азота ~ 50%) под давлением 0,5...1,3 МПа охлаждается в теплообменнике и последовательно проходит через три ступени очистки, последняя из которых расположена в ванне с кипящим азотом при температуре 66 К и давлении около 0,02 МПа.

Конденсат, образующийся во всех ступенях, накапливается в сборнике и дросселируется в нижнюю азотную ван-



Рис. 4. Дефлегматор в процессе изготовления

температура около 66...68 К. Производительность системы очистки 15...20 м³/ч. Продолжительность полного рабочего цикла более суток.

Окончательное разделение Ne-Ne смеси на неон и гелий происходит в два этапа. После охлаждения в теплообменниках и азотной ванне при 68 К продукт дросселируется до среднего давления (2,5 МПа) и последовательно проходит через змеевик в кубе колонны и сепаратор [4]. Газовая фаза с концентрацией гелия 82 % направляется во встроенный или автономный контур утилизации неона. Жидкость (97–98% Ne) дросселируется в верхнюю часть насадочной колонны. Отдувка колонны подается на всасывание компрессора высокого давления. В блоке утилизации неона, работающем в составе рассмотренной системы, нельзя получить чистый гелий из-за ряда технологических ограничений, диктуемых работой основного производства [6]. Длительный период вакуумной регенерации и не менее продолжительный этап охлаждения адсорбентов до неоновых температур не позволяют “замкнуть цикл” даже тремя секциями очистки.

Для получения технического гелия создана отдельная установка непрерывного действия. По своей компоновке и многим эксплуатационным особенностям она идентична адсорберному блоку очистки (см. рис. 5). Относительно

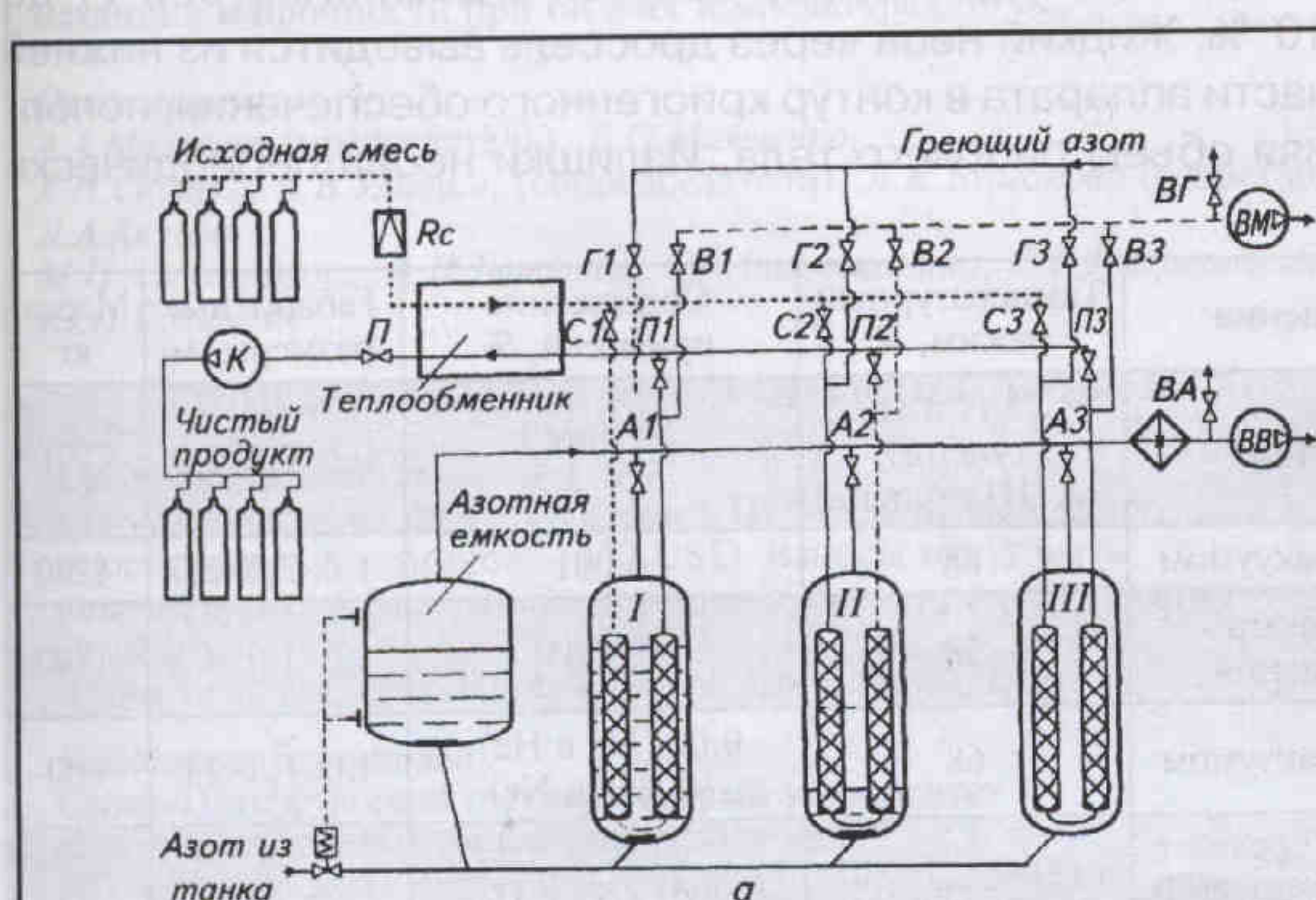
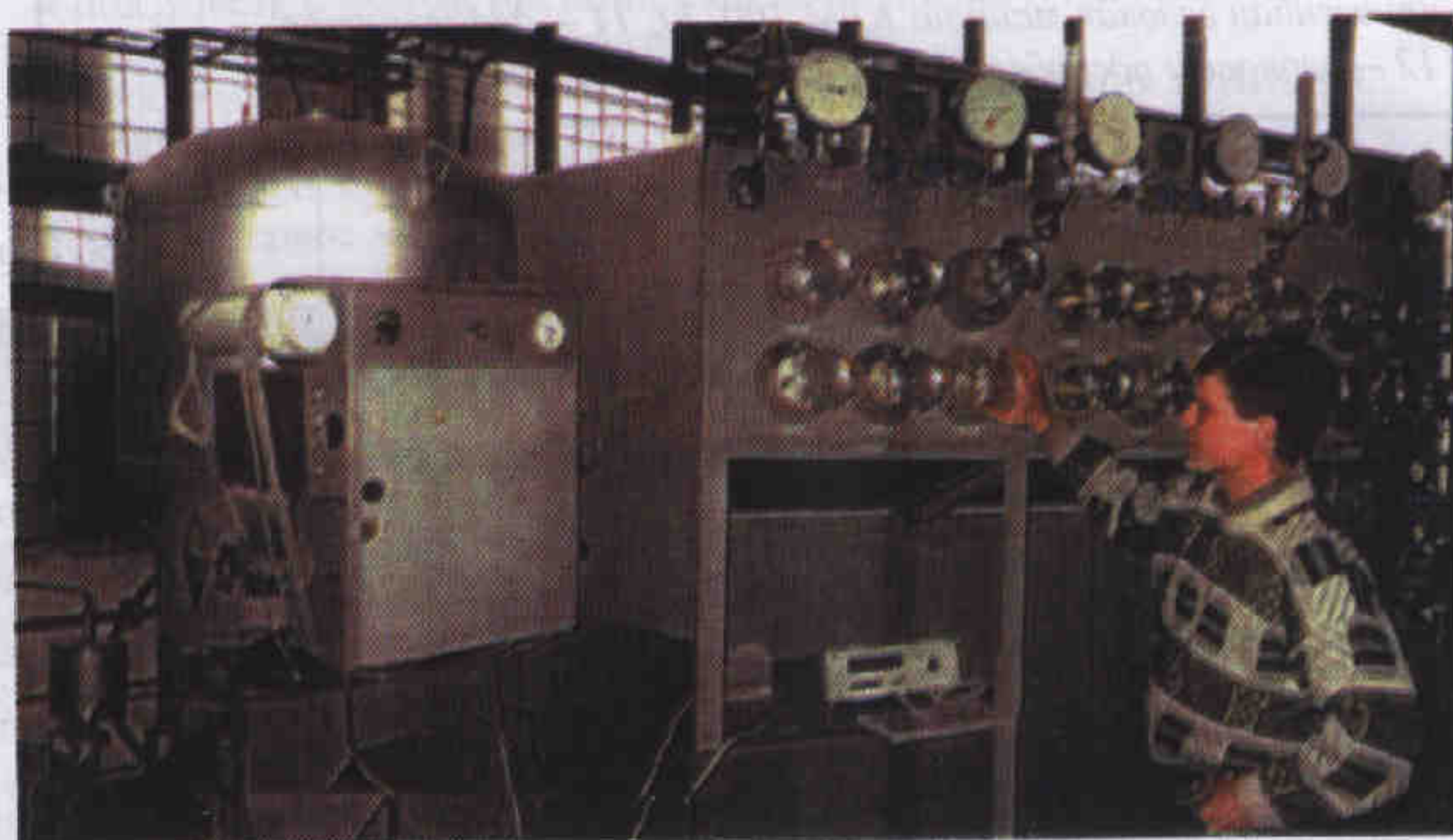


Рис. 5. Схема (а) и внешний вид (б) адсорберной установки для очистки неона-гелиевой смеси



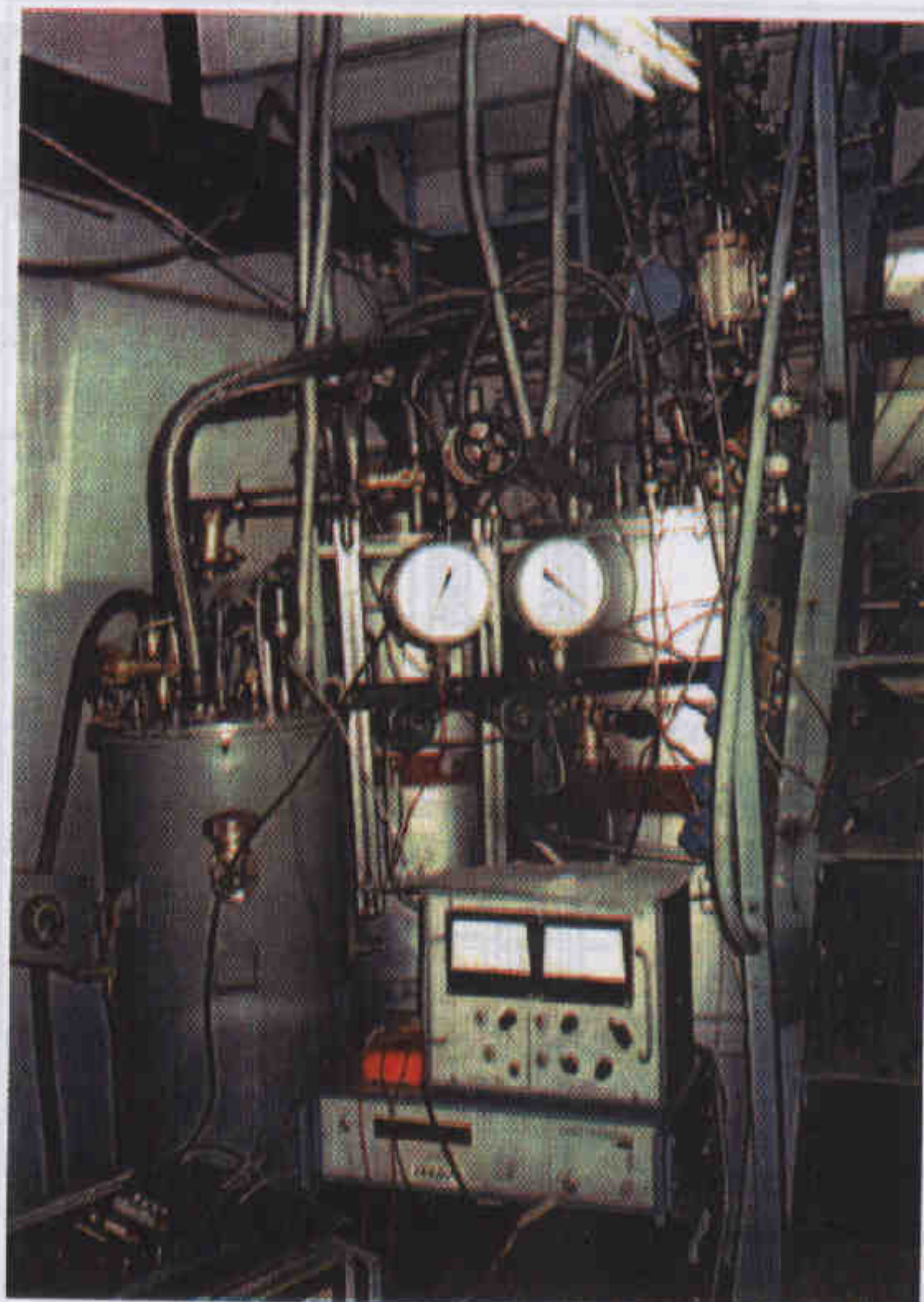
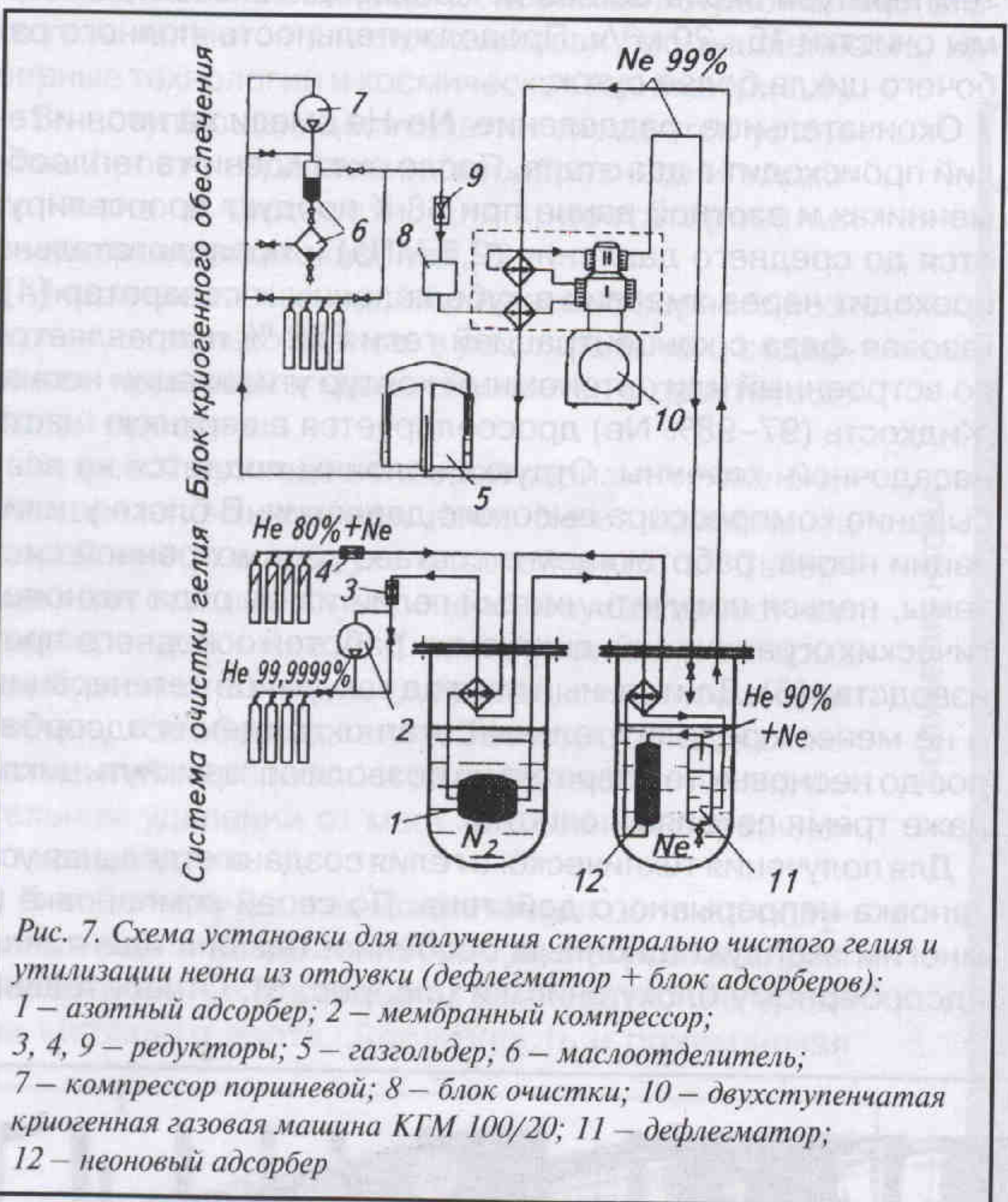
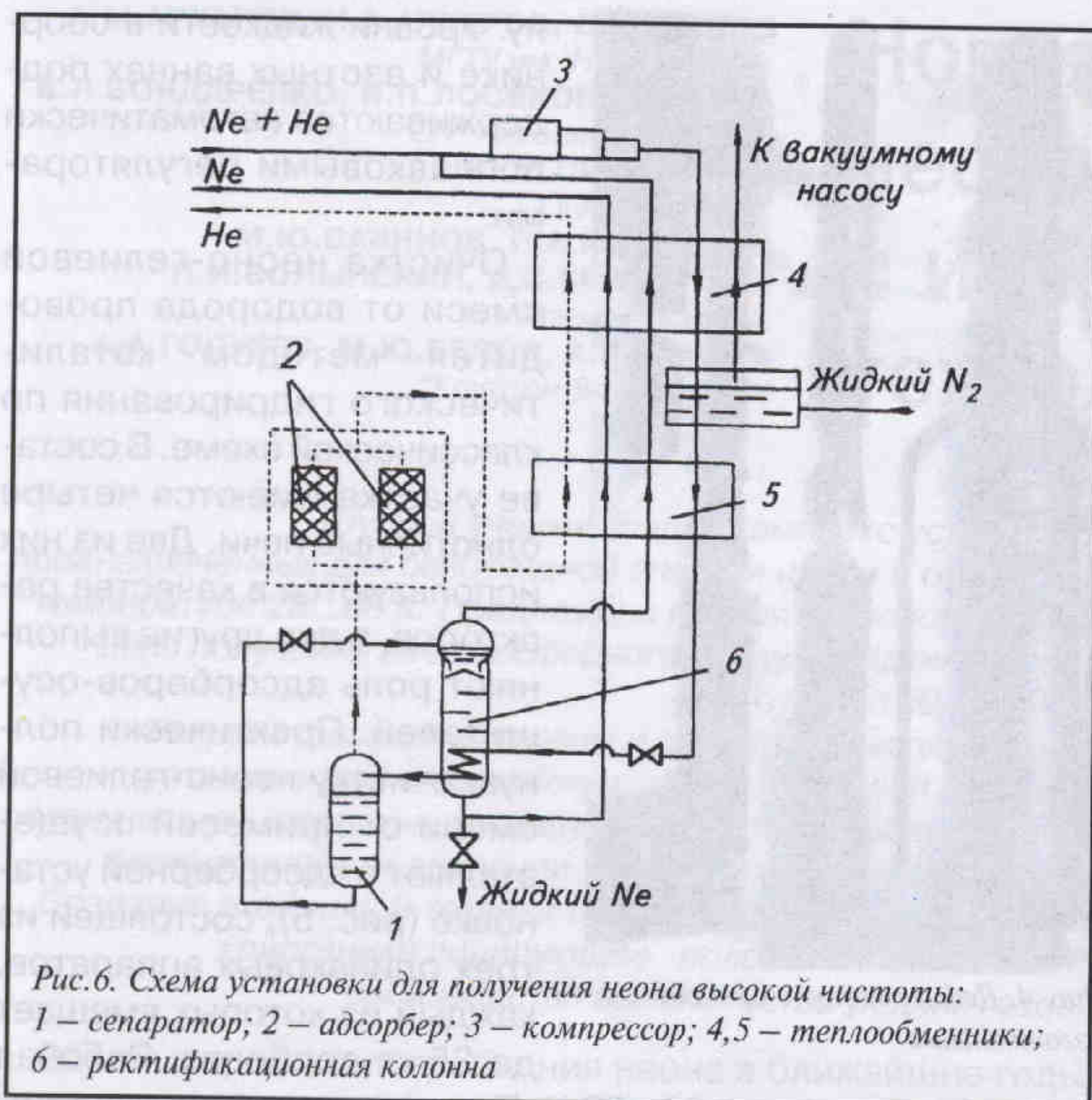


Рис. 8. Низкотемпературный блок установки для получения спектрально чистого гелия и утилизации неона

низкая поглощающая способность сорбента на уровне температур 66...68 К снижает активный рабочий период отдельной секции с 10...12 ч (на азоте) до 1,5...2 ч (на неоне).

В связи с этим для переключения потоков используют пневмоуправляемую арматуру. Все режимы в трех адсорберах автоматизированы, включая вакуумную регенерацию при частичном нагреве (170 К) и подачу продукта и хладагента. Аппараты размещены в трех криостатах с высоковакуумной изоляцией. Производительность установки по перерабатываемой смеси составляет 12 м³/ч. Из системы выходят гелий и смесь, содержащая 80–90 % Ne, которая используется в качестве сырья в установке для производства неона высокой чистоты (рис. 6).

На рис. 7 и 8 приведены соответственно схема и низкотемпературный блок установки для получения спектрально чистого гелия и утилизации неона.

Спектрально чистый гелий получают в адсорбере на температурном уровне 28 К. Предварительная очистка от примесей происходит во вспомогательном адсорбере при температуре 78 К. В качестве сырья используется гелий марки "Б" или отдувка с концентрацией неона до 20 %. В последнем случае содержание неона на входе в неоновый адсорбер 12 (рис. 7) снижается в дефлегматоре 11 до 10 %. Жидкий неон через дроссель выводится из нижней части аппарата в контур криогенного обеспечения, пополняя объем рабочего тела. Излишки неона периодически

Установка	Назначение	Способ охлаждения	Температурный режим, К	Содержание примесей, %	Габаритные размеры, м	Масса, кг
Ступенчатый дефлегматор	Обогащение неона-гелиевой смеси	Жидкий азот при атмосферном давлении и вакуумировании	78 (I и II ступени), 68 (III ступень)	50 (нач.) 5,5–3,5	0,6×0,6×3,0	350
Блок адсорберов	Очистка неона-гелиевой смеси	Жидкий азот под вакуумом	68	0,001	1,6×2,0×2,0	1200
Ректификационная колонна	Получение неона высокой чистоты	Дроссельный неоновый цикл высокого давления	28	0,0005	1,0×1,0×3,5	1500
Блок адсорберов	Получение технического гелия и утилизация неона из отдувки	Жидкий азот под вакуумом	68	0,01 (Ne в He), 10 (He в Ne)	1,0×1,8×2,0	800
Дефлегматор + блок адсорберов	Получение спектрально чистого гелия и утилизация неона из отдувки	Дроссельный цикл среднего давления на Ne-He-смеси и двухступенчатая газовая машина КГМ 100/20	26...28	0,0001 (Ne в He), 1–10 (He в Ne)	0,6×0,6×1,7	150

закачиваются в баллоны и возвращаются на переработку в виде 98–99%-ного неона. В процессе регенерации утилизируют также фракцию с содержанием неона 80–90 %. Содержание примесей в получаемом гелии не превышает 10^{-4} %.

Система криогенного обеспечения создана на основе оборудования гелиевого ожижителя. Для увеличения эффективности неоновой дроссельной машины при давлении 3 МПа прямой поток охлаждают до 38...42 К с помощью двухступенчатой газовой криогенной машины [3].

Понижение температуры дефлегмации способствует уменьшению концентрации гелия в паровой фазе, направляемой в адсорбер 12, в результате чего заметно увеличивается продолжительность рабочего периода установки. Например, при давлении 2 МПа охлаждение с 28 до 25 К приводит к снижению концентрации потока Ne на входе в адсорбер с 12,5 до 5 %.

Помимо вакуумирования неоновой ванны использовали другие способы понижения температуры дефлегмации. В качестве рабочего тела применяли, в частности, неон-гелиевую смесь, температура кипения которой при атмосферном давлении ниже температуры кипения чистого неона [2].

Перепад давлений с 2 (в адсорбере) до 0,15 МПа (на входе в компрессор) использовали в безмашинных охладителях, реализующих эффекты Ранка и Шпренгера.

Характеристики установок для очистки неона и гелия приведены в таблице.

Представленные выше материалы суммируют результат многолетнего сотрудничества ученых и инженеров. Созданные образцы новой техники ориентированы преимущественно на отечественное производство. В ходе разработки, изготовления и эксплуатации накоплен ценный

практический опыт, подготовлены высококвалифицированные кадры, сформирована современная лабораторно-аналитическая база. Это наглядный пример того, как сотрудничество науки и производства позволяет использовать прогрессивные технические решения, ориентированные на создание криогенных систем XXI в.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бондаренко В.Л., Вигуржинская С.Ю. Оптимизация системы предварительной очистки неон-гелиевой смеси // Холодильная техника и технология. 1999. Вып.62.

2. Дроссельный цикл на неон-гелиевой смеси в установке для разделения инертных газов/А.М.Архаров, В.Л.Бондаренко, Ю.М.Симоненко //Вестник МГТУ. Сер. Машиностроение. – Спецвыпуск “Криогенная и холодильная техника”. 1998.

3. Многофункциональная система криогенного обеспечения на основе газовой холодильной машины/ А.М Архаров, В.Л. Бондаренко., Ю.М.Симоненко и др.//Вестник МГТУ. Сер. Машиностроение. – Спецвыпуск “Криогенная и холодильная техника”. 1996.

4. Опыт эксплуатации установки для получения неона высокой чистоты/В.Л.Бондаренко, М.Ю.Савинов, А.А.Голубев и др. //Вестник МГТУ. Сер. Машиностроение. – Спецвыпуск “Криогенная и холодильная техника”. 1996.

5. Система предварительной очистки неон-гелиевой смеси от азота/ М.Ю.Белов, А.П.Графов, А.Б.Елисеев, В.А.Шапошников//Вестник МГТУ. Сер. Машиностроение. – Спецвыпуск “Криогенная и холодильная техника”. 1996.

6. Arkharov A.M., Bondarenko V.L. and others. Research-industrial plant for production of high purity neon//Proc. 5 Int. Conf. Cryogenics'98, Praha.

7. Scurlock R.G./Cryogenic Engineering of High Temperature Superconductors./Proc. 5 Int. Conf. Cryogenics'98, Praha.



Санкт-Петербургский государственный
университет низкотемпературных и
пищевых технологий



Международная Академия Холода

Санкт-Петербургский Дом
ученых РАН



Международная научно-техническая конференция

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ МЕХАНИКИ, ПРОЧНОСТИ И ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

22–23 ноября 2000 г.

Организаторы:

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий, секция строительной механики и надежности конструкций им. Н.К.Снитко Санкт-Петербургского Дома ученых РАН и секция материаловедения, механики и прочности при низких температурах МАХ.

Оргкомитет:

А.А.Мальшев (председатель), В.О.Мамченко,
А.Н.Снитко, В.В.Улитин, (сопредседатели), Д.К.Булгакова (секретарь),
Л.А.Акулов,
М.П.Александрова, А.И.Боровков, С.А.Воложанина, С.Е.Граменицкий,
Ю.П.Солнцев.

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ БУДУТ ОПУБЛИКОВАНЫ В СБОРНИКЕ, КОТОРЫЙ ВЫЙДЕТ В ФЕВРАЛЕ СЛЕДУЮЩЕГО ГОДА.

Организационный взнос:

для участников из России и стран СНГ – 350 рублей, для иностранных участников – 150 USD. Взносы могут быть перечислены на расчетный счет или внесены при регистрации участников.

Адрес: 191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, д. 9.

Банковские реквизиты:

Санкт-Петербургский государственный университет
низкотемпературных и пищевых технологий;
ИНН 7808042491. Расчетный счет 40503810555232001196
Банк Центральное ОСБ 1991 «Фил. АК СБ РФ (СБ России)
ОАО-СПб банк». Город Санкт-Петербург.
Корр.счет 30101810500000000653 БИК 044030653

Научные направления:

- свойства материалов и экспериментальные исследования термомеханических процессов при низких температурах;
- механика разрушения с учетом влияния нестационарных температурных полей;
- методы расчета температурных полей и термонапряжений в условиях нелинейности;
- ползучесть с учетом нестационарных температурных полей, неоднородности среды и других эффектов;
- проблемы строительной криогеники, замораживания грунтов и эволюции льдогрунтовых масс в зонах вечной мерзлоты;
- проблемы использования холода в технике;
- компьютерное моделирование вышеуказанных процессов.

Заявка на участие должна содержать тему доклада, фамилию, имя, отчество и место работы всех авторов (полностью), контактный телефон, факс, E-mail и почтовый адрес, № поручения и дату перечисления оргвзноса или дату отправки почтового перевода. Срок подачи заявки – до 30 октября.

Контактный телефон:

(812) 164-41-09 (кафедра технической механики и прочности СПбГУНТИПТ).

Секретарь – Булгакова Дина Кашефетдиновна с 10 до 16 ч.

Факс: (812) 311-52-14 с пометкой «на конференцию

«Актуальные проблемы».

E-mail: boss@ccref.spb.su (Факс и E-mail – только для заявок и сообщений!).

Миколайська державна
обласна бібліотека
ім. Олексія Гирьова