

Эти предложения были сведены в таблицу, которая приведена выше.

Обсудив возможные направления дальнейшего развития изотопных и ядерных методов, Рабочая группа пришла к выводу о необходимости подготовки методического руководства по их использованию в гидрологии и гидрогеологии. Было решено подготовить это руководство всем составом Рабочей группы с привлечением специалистов других стран по отдельным методам.

Во время заседаний Рабочей группы был составлен и согласован проспект методического руководства, который охватывает все проблемы, изложенные в приведенной выше таблице. Работа по его составлению должна быть закончена в течение одного года, в 1968 г. оно будет представлено Координационному совету МГД на утверждение.

В. П. ФЕРРОНСКИЙ

Изотопные источники электрической энергии для питания автоматических радиометеорологических станций

По всей территории Советского Союза раскинута сеть автоматических станций наблюдения за погодой. Информация, получаемая от этих станций, — основа для прогнозирования погоды. Источниками электрической энергии для радиометеорологических станций служат аккумуляторные батареи с подзарядкой от ветроэлектрических агрегатов. Такой способ электропитания имеет недостатки, связанные в основном с малым сроком службы, низкой надежностью, зависимостью от климатических условий, вследствие чего возникают существенные трудности в получении информации.

Перспективным источником питания для автоматических радиометеорологических станций являются изотопные источники электрической энергии (изотопные генераторы), разработка которых ведется как в Советском Союзе, так и за рубежом.

Во Всесоюзном научно-исследовательском институте радиационной техники совместно со специализированными организациями разработано несколько модификаций изотопных генераторов для питания автоматических радиометеорологических станций. В основу работы изотопных генераторов положен термоэлектрический способ преобразования тепловой энергии, выделяющейся в процессе распада радиоактивных изотопов, в электрическую.

В 1963 г. был введен в строй экспериментальный изотопный генератор «Бета-1» [1] (рис. 1), установленный на опытной метеорологической площадке в г. Химки в составе автоматической радиометеорологической станции типа АРМС-Н. Приборы этой станции собирали информацию о температуре и давлении воздуха, скорости и направлении ветра, наличии солнечного сияния, количестве атмосферных осадков.

Мощность генератора 5 Вт. В генераторе используется радиоактивный изотоп Ce^{144} , имеется система автоматического регулирования мощности. В сочетании с буферной аккумуляторной батареей генератор обеспечивал работу приборов станции с общей мощностью в импульсном режиме около 160—200 Вт. Генера-

тор успешно отработал 8800 ч (из них 4300 ч в составе станции АРМС-Н) и выработал около 25 кВт·ч электрической энергии. Эксплуатация генератора позволила проверить некоторые принципы, положенные в основу при его разработке: возможность получения высокоактивных изотопных блоков, теплофизические параметры установки, эффективность биологической защиты, условия теплообмена с окружающей средой и т. п.

В 1964 г. изготовлен изотопный генератор «Бета-2» (рис. 2) на основе Sr^{90} [2,3]. Генератор имеет электрическую мощность 5—7 Вт и послужил основой для создания серии изотопных генераторов на основе Sr^{90} . Эксплуатация генератора в составе автоматической станции АРМС-Н показала высокую стабильность и надежность в работе. Термоэлектрический преобразователь из полупроводниковых сплавов висмута, теллура, сурьмы и селена отработал свыше 30 000 ч и практически полностью сохранил свои параметры. Такая длительная работа низкотемпературных термоэлектрических преобразователей обеспечивает возможность создания изотопных генераторов с длительным сроком службы (порядка 5—10 лет), работающих без обслуживания.

При конструировании генератора «Бета-2» были отработаны основные элементы серийного генератора «Бета-С» (рис. 3), выпускаемого с 1967 г. Генератор «Бета-С» предназначен для питания станции УАТГМС-3, имеющей 12 каналов информации, но может быть исполь-

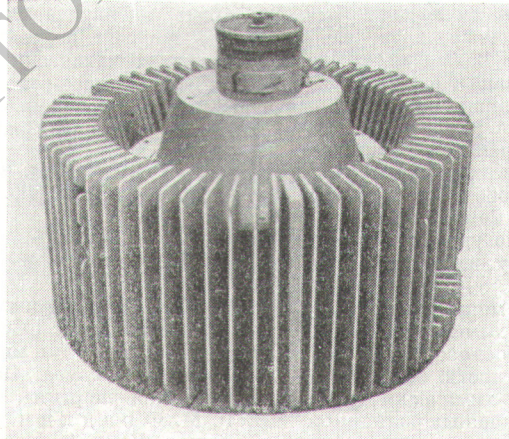


Рис. 1. Изотопный генератор «Бета-1».

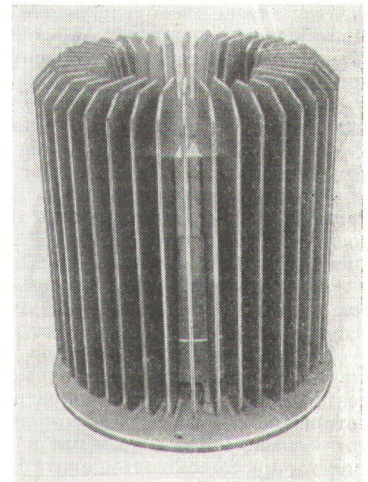
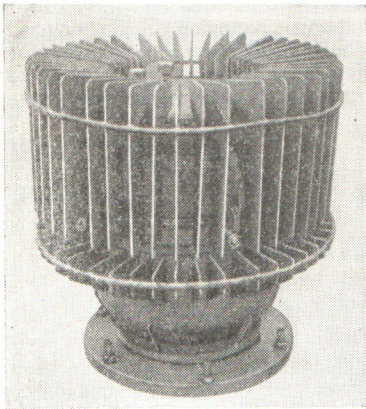
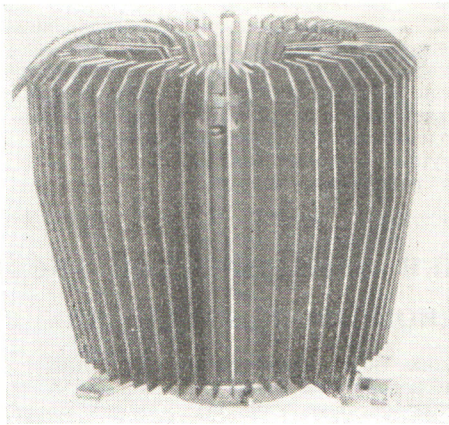


Рис. 2. Изотопный генератор «Бета-2».



Р и с. 3. Изотопный генератор «Бета-С».



Р и с. 4. Изотопный генератор «Бета-3».

зован и для станций типа АРМС-Н. Увеличение информации в станции УАТГМС-3 по сравнению с АРМС-Н потребовало мощности генератора 10 *вт*. Как и предыдущие модификации, генератор «Бета-С» снабжен системой накопления электрической энергии в виде буферной аккумуляторной батареи и преобразователя напряжения, повышающего напряжение с 6 *в* на выходе генератора до 27 *в* на входе станции.

Разработана и изготовлена модификация генератора типа «Бета-3» (рис. 4), предназначенного для работы в условиях Крайнего Севера или Антарктиды, т. е. при температурах до -70°C . Генератор «Бета-3» имеет электрическую мощность 10—12 *вт* при напряжении 10 *в*.

Проектный срок службы генераторов «Бета-2», «Бета-С» и «Бета-3» 10 лет, удельная энергоемкость 3—5 *квт·ч/кг*.

Разработка изотопных генераторов типа «Бета» позволила решить научные, технические и технологические вопросы, связанные с выбором и получением топлива, изготовлением изотопного блока, созданием термоэлектрических преобразователей со стабильными характеристиками, разработкой конструкции генератора, обладающей высокими теплофизическими параметрами при минимальных весах и габаритах, и т. д.

В настоящее время известно более 1000 радиоактивных изотопов, однако для использования в изотопных генераторах пригодными являются лишь немногие из них (всего около 20 изотопов).

Исследования показали, что в генераторах, предназначенных для питания автоматических радиометеорологических станций, наиболее целесообразно применение β -радиоактивных изотопов Sr^{90} и Ce^{144} . Эти изотопы имеют приемлемые характеристики по удельному энерговыделению и радиационному выходу, их производство освоено в промышленном масштабе.

При создании генераторов для метеостанций был проведен комплекс работ по выбору химических соединений радиоактивных препаратов на основе Ce^{144} и Sr^{90} , которые должны иметь высокую плотность, быть технологичными, нерастворимыми в воде, химически устойчивыми при высоких температурах в мощных радиационных потоках. Эти работы завершились созданием изо-

топных блоков, содержащих десятки тысяч юри радиоактивного препарата.

На генераторах типа «Бета» проверена и экспериментально подтверждена инженерная методика расчета гетерогенной биологической защиты от γ - и тормозного излучений. В результате удалось сохранить вес биологической защиты в генераторе «Бета-С» равным весу защиты генератора «Бета-2» при двукратном увеличении мощности генератора.

Серьезные проблемы были решены благодаря созданию термоэлектрического преобразователя, имеющего приемлемый к. п. д. при длительном сроке службы. С

учетом современного состояния работ в области полупроводниковых термоэлектрических преобразователей и необходимости надежной и длительной работы в конструкциях генераторов типа «Бета» были использованы блоки термоэлементов на основе тройных сплавов висмута, теллура, сурьмы и селена, которые в интервале температур $20\text{—}270^{\circ}\text{C}$ имеют к. п. д. порядка 6% и ресурс не менее 30 000 ч (по фактическим данным испытаний генератора «Бета-2»). Однако сохранение параметров блока термоэлементов в течение указанного периода позволяет ожидать значительно большего ресурса.

На генераторах типа «Бета» были отработаны также конструктивные и тепловые схемы изотопных генераторов с низкотемпературным термоэлектрическим преобразователем и охлаждением благодаря естественной конвекции окружающего воздуха. Было найдено решение силовой развязки теплового блока и термоэлектрического преобразователя, исследованы свойства экранной тепловой изоляции с заполнением пространства между экранами инертным газом (аргоном или ксеноном). Разработанные схемы характеризуются высокими значениями (до 85—90%) теплового к. п. д. при соответствующей надежности работы.

Опыт эксплуатации изотопных генераторов типа «Бета» показал перспективность их применения для питания автоматических радиометеорологических станций. В ближайшее время десятки таких станций с изотопными генераторами будут установлены в различных районах Советского Союза.

Г. М. ФРАДКИН, В. М. КОДЮКОВ, А. И. РАГОЗИНСКИЙ
Е. А. КАЗАКОВ, Н. П. КОРОТКОВ, Д. Я. СУРАЖСКИЙ

ЛИТЕРАТУРА

1. И. Г. Гвердцители и др. Доклад № р/318, представленный СССР на Третью международную конференцию по мирному использованию атомной энергии (Женева, 1964).
2. «Атомная энергия», 18, вып. 5, 545 (1965).
3. Г. М. Фрадкин и др. В сб. «Радиационная техника». Вып. 1, М., Атомиздат, 1967, стр. 5.