

## УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП РАБОТЫ РАДИОМЕТРА КРВП - ЗАБ

Радиометр КРВП-ЗАБ представляет собой установку счета импульсов с блоками детектирования альфа- и бета-излучения, а также блоком обработки, с помощью которого на специальную катионообменную и анионообменную ленту происходит осаждение бета-активных катионов и анионов и осаждение полония-210 на медную фольгу. Общий вид радиометра КРВП-ЗАБ показан на рисунке 42.

Радиометр позволяет измерять суммарную активность проб вещества.

Измерение альфа-бета-активности воды и пищевых продуктов основано на измерении с помощью пересчетного устройства и секундомера числа импульсов, поступающих с блока-детектирования за определенное время.

В состав радиометр КРВП-ЗАБ входят следующие блоки:

**1. Блок обработки.**

**2. Блок детектирования бета-излучения** для измерения бета-активности воды и пищевых продуктов, заключенный в свинцовый домик.

**3. Блок детектирования альфа-излучения** для измерения альфа-активности воды и пищевых продуктов, заключенный в светозащитный кожух (входит только в КРВП-ЗАБ).

**4. Пересчетный блок**, который включает в себя следующие каскады: дискриминатор; усилитель; формирующее устройство; пересчетную декаду; узел проверки; блок питания, секундомер.

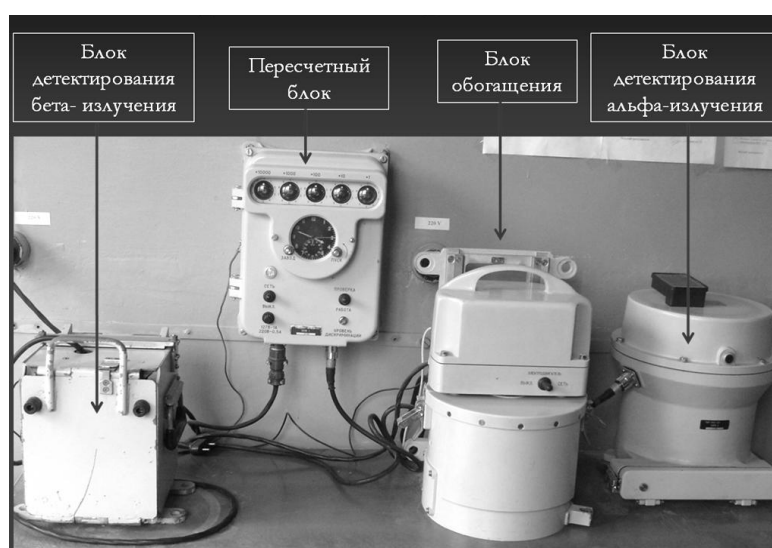


Рис. 42. Общий вид радиометра КРВП-ЗАБ.

**Блок детектирования бета-излучения со свинцовым домиком.** Блок детектирования бета-излучения смонтирован в плоском пластмассовом корпусе. Схема блока детектирования расположена на монтажной плате, установленной в средней части корпуса. В блоке детектирования имеется крышка, обеспечивающая смену счетчиков и доступ к элементам схемы. Со стороны рабочей поверхности счетчика отверстие крышки защищено триацетатной пленкой толщиной 10 мкм ( $\sim 1,3 \text{ мг/см}^2$ ).

Блок детектирования помещается на специальном держателе в защитный домик. Домик является разборным. Передняя стойка откидывается, открывая доступ внутрь домика. К верхней стенке домика с внутренней стороны прикреплен блок детектирования. К боковым стенкам домика прикреплена рамка с направляющими для установки кюветы с водой или продуктами питания, или кассеты с фильтром.

Присоединение блока детектирования к пересчетному блоку осуществляется посредством кабеля. Чтобы уменьшить влияние гамма-фона на результаты измерения низких уровней бета-активности воды и пищевых продуктов, блок детектирования помещен в свинцовый домик с толщиной защиты 30 мм. Внутренние стенки домика изготовлены из трехмиллиметрового оргстекла.

Детектором бета-излучения является галогенный счетчик типа СБТ-10А. Тонкое слюдяное окно (плотность слюды  $5 \pm 0,5 \text{ мг/см}^2$ ) с площадью  $35 \text{ см}^2$  позволяет регистрировать бета-излучение с энергией от 0,1 МэВ и выше. Импульсы отрицательной полярности, длительностью около 10-15 мкс и амплитудой около двух вольт, возникающие под действием бета-частиц и гамма-квантов на нагрузочном резисторе счетчика поступают через конденсатор на вход пересчетного блока. Питание счетчика осуществляется стабилизированным напряжением + 390 В.

**Блок детектирования альфа-излучения.** Блок детектирования альфа-излучения состоит из фотоэлектронного умножителя, диска из органического стекла с нанесенным на него светосоставом ФС-4, эмиттерного повторителя, блокинг-генератора, формирующего импульсы, и высоковольтного блока питания.

Светосостав типа ФС-4 изготовлен на основе сцинтиллятора ZnS (Ag). Альфа-частица, попадая в ZnS (Ag), вызывает в последнем вспышку (сцинтилляцию) света. Кванты света выбивают из фотокатода электроны, умножаемые электрическим полем диодов, что вызывает на аноде ФЭУ отрицательный импульс тока.

Для согласования выходного сопротивления нагрузки фотоэлектронного умножителя с входным сопротивлением блокинг-генератора служит составной эмиттерный повторитель. Входное сопротивление эмиттерного повторителя 47 кОм, выходное сопротивление 15 Ом.

Коэффициент передачи эмиттерного повторителя порядка 0,9. С выхода эмиттерного повторителя импульсы отрицательной полярности поступают на вход блокинг-генератора. Амплитуда запускающего импульса (0,5В) блокинг-генератора выбрана с таким расчетом, чтобы отсечь уровень шумов фотоэлектронного умножителя, что обеспечивает довольно малый фон блока детектирования альфа-излучения (около 1 имп/мин), сохраняя при этом достаточно высокую эффективность регистрации альфа-частиц: 60–70% от контрольного альфа-источника Pu-239.

Выходной отрицательный импульс с блокинг-генератора амплитудой 5В и длительностью 7мкс подается через кабель на пересчетную схему радиометра КРВП-ЗАБ.

Принципиальная схема и конструкция блока детектирования позволяет применять его с другими пересчетными схемами в случае согласования распайки выходных разъемов пересчетных схем с распайкой входного разъема блока детектирования альфа-излучения. Питание фотоэлектронного умножителя осуществляется от вмонтированного в блок детектирования альфа-излучения высоковольтного выпрямителя. На первичную обмотку трансформатора с пересчетного блока подается переменное напряжение 6,3 В. Снимаемое со вторичной обмотки трансформатора напряжение подается на выпрямитель. Выпрямитель собран на селеновых выпрямителях по схеме учетверения напряжения со стабилизатором. Ток нагрузки фотоэлектронного умножителя 70–90 мкА.

**Блок пересчетный.** Пересчетный блок состоит из литого металлического корпуса и шасси, на котором смонтированы все узлы пересчетной установки.

Шасси пересчетного блока крепится к крышке корпуса при помощи двух шарнирных осей и двух невыпадающих винтов. Уплотнение корпуса с крышкой достигается с применением резиновой прокладки между крышкой и корпусом. Корпус прибора выполнен из сплава АЛ9 и окрашен краской цвета слоновой кости. Для удобства настройки, регулировки и ремонта шасси прибора при отвертывании двух винтов на шарнирах свободно откидывается из корпуса, обеспечивая доступ к любому элементу пересчетной схемы.

На лицевой панели расположены все органы управления пересчетной установки: выключатель питающей сети, тумблер рода работ (работа с блоком детектирования или проверка), ручка-уровень дискриминации (под шлиц). Кроме того, на лицевой панели установлены часы 59ЧП с кнопкой ПУСК и ручкой ЗАВОД, под колпачком установлен предохранитель. Для подсчета количеств зарегистрированных импульсов на лицевую панель выведены декатроны. Номерная шкала декатронов дает возможность отсчитывать количество импульсов при остановке счета.

В крышке корпуса расположены два разъема для подключения кабеля блока детектирования и кабеля питающей сети. Внутри корпуса расположено шасси, на котором смонтированы все узлы пересчетной установки: дискриминатор с усилителем, формирующий каскад, пять каскадов пересчетных декад на декатронах, узел стабилизированного питания установки.

Пересчетная схема включает в себя 5 пересчетных декад на декатронах ОГ-4 и обеспечивает предельный объем счета  $10^5$  импульсов с непосредственной визуальной индикацией числа зарегистрированных импульсов.

Для определения средней скорости счета статистически распределенных во времени импульсов пересчетный блок включает в себя часы 59ЧП, синхронно связанные с пуском и остановкой пересчетной схемы.

Все питание пересчетной схемы и блоков детектирования осуществляется от блока питания, расположенного в пульте прибора.

В приборе предусмотрена возможность проверки работоспособности пересчетной схемы с помощью переменного напряжения частотой 100 Гц, полученного путем преобразования из напряжения сети 50 Гц двухполупериодным выпрямителем.

**Метод с обогащением.** Метод с обогащением служит для получения обогащенных проб из воды и пищевых продуктов при измерении малых альфа и бета-активностей. При измерении малых удельных бета-активностей воды ( $1 \cdot 10^{-10}$ –  $1 \cdot 10^{-8}$ ) Ки/л применяется метод предварительного обогащения с использованием катионо- и анионообменных фильтров, придаваемых к радиометру. Для этого резервуар блока обработки фильтров, в котором закреплены катионо- и анионообменные фильтры в специальных кассетах, заполняется контролируемой водой.

Катионо- и анионообменные фильтры обрабатываются в контролируемой воде в течение 15 минут, а затем подсушиваются фильтровальной бумагой. Активность обработанного и подсушенного фильтра измеряется с помощью блока детектирования бета-излучения и пересчетного блока.

Чувствительность радиометра за счет применения катионо- и анионообменных фильтров увеличивается, и при этом обеспечивается измерение удельной бета-активности воды с концентрацией от  $1 \cdot 10^{-10}$  до  $1 \cdot 10^{-8}$  Ки/л.

Измерение малых удельных альфа-активностей ведется по принципу осаждения микроколичеств полония-210 на медную фольгу. Процесс осаждения ведется при температуре (70–90) °С при интенсивном перемешивании в течение 20 минут в солянокислой (6%) среде. Блок обработки для осаждения полония-210 применяется как для воды, так и пищевых продуктов в диапазоне концентраций от  $1 \cdot 10^{-11}$  до  $1 \cdot 10^{-8}$  Ки/л.

Блок обработки служит для получения обогащенных проб из воды и пищевых продуктов при измерении малых альфа и бета-активностей. При измерении малых удельных бета-активностей воды ( $10^{-10}$ - $10^{-8}$ ) Ки/л применяется метод предварительного обогащения с использованием катионо- и анионообменных фильтров, придаваемых к радиометру. Для этого резервуар блока обработки фильтров, в котором закреплены катионо- и анионообменные фильтры в специальных кассетах, заполняется контролируемой водой.

Катионо- и анионообменные фильтры обрабатываются в контролируемой воде в течение 15 минут, а затем подсушиваются фильтровальной бумагой. Активность обработанного и подсушенного фильтра измеряется с помощью блока детектирования бета-излучения и пересчетного блока.

Чувствительность радиометра за счет применения катионо- и анионообменных фильтров увеличивается, и при этом обеспечивается измерение удельной бета-активности воды с концентрацией  $1 \cdot 10^{-10}$  до  $1 \cdot 10^{-8}$  Ки/л.

Измерение малых удельных альфа-активностей ведется по принципу осаждения микроколичеств полония-210 на медную фольгу. Процесс осаждения ведется при температуре (70–90)° при интенсивном перемешивании в течение 20 минут в солянокислой (6%) среде. Блок обработки для осаждения полония-210 применяется как для воды, так и пищевых продуктов в диапазон концентраций от  $1 \cdot 10^{-11}$  до  $1 \cdot 10^{-8}$  Ки/л.

В состав блока обработки КРВП-ЗАБ входят электродвигатель и электронагревательный элемент, необходимые для перемешивания и подогрева пробы. Электрическое питание блоков обработки осуществляется от сети переменного тока. Блоки обработки выпускаются в различных модификациях, определяемых различными напряжениями питающей сети. Блок обработки состоит из отлитых из сплава АЛ9 основания и корпуса с крышками, в которых размещен резервуар для контролируемого продукта, привод электродвигателя и электронагревательный элемент. Электронагревательный элемент закреплен в нижней части корпуса на специальной подставке с теплоизоляционными прокладками из асбестового картона. На электронагревательный элемент устанавливается съемный стальной резервуар, покрытый фторопластовой эмалью. Резервуар имеет откидную ручку, которая фиксируется на наружной стенке корпуса. На внутренней стенке резервуара имеются две риски, показывающие уровень заливки контролируемого продукта: нижняя – для альфа; верхняя – для бета.

При **альфа-обогащении** – медная фольга устанавливается в горизонтальном положении в специальный зажим, который закреплен на держателе.

При **бета-обогащении** держатель из нержавеющей стали имеет кронштейн с винтом, что дает возможность установить кассету с фильтром в вертикальном положении.

Резервуар имеет крышку, которая предохраняет от расплескивания продукта при переноске. Сверху резервуар прижат крышкой блока, облицованной по внутренней полости листовым фторопластом. Крышка блока плотно закрывает резервуар с помощью двух замков. На крышке блока расположены привод электродвигателя, элементы включения электродвигателя, держатель с вставкой плавкой ВП2Б. Ось привода через фторопластовую втулку в крышке вводится в объем резервуара. На оси привода установлена крыльчатка. Корпус привода закрыт крышкой, которая крепится к нему четырьмя невыпадающими винтами. Для удобства работы с блоком обработки, извлечения держателей и резервуара для слива проб крышка резервуара с закрепленным на ней электродвигателем поднимается вверх. Фиксация крышки в горизонтальном положении обеспечивается упорами.

На передней части блока расположены два тумблера: СЕТЬ—ВЫКЛ и СЕТЬ—ВЫКЛ (Электродвигатель). Тумблер СЕТЬ—ВЫКЛ с надписью ЭН-1 служит для включения электронагревательного элемента, тумблер СЕТЬ—ВЫКЛ с надписью ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ — для включения электродвигателя.

**Прибор при монтаже обязательно заземлять. Клемма заземления расположена на боковой стенке корпуса пересчетного блока.**

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7

### Измерение активности проб прямым методом.

Чистую кювету поместить в свинцовый домик на верхнюю полку держателя, под рабочее окно детектора (вырез кюветы должен входить в ограничитель детектора);

– нажатием кнопки секундомера ПУСК включить пересчетную схему и определить скорость счета от фона ( $N_{\phi}$  имп/мин);

– в кювету после измерения фона насыпать приготовленную пробу пищевых продуктов, тщательно по внутренней кромке кюветы разровнять пробу;

– кювету с пробой поместить в свинцовый домик на верхнюю полку держателя, под рабочее окно детектора;

– нажатием кнопки секундомера ПУСК, включить пересчетную схему и определить суммарную  $N_1$ — скорость счета (имп/мин) от пробы продуктов и фона.

Определить скорость счета ( $N_0$  имп/мин) от пробы продуктов, вычитая из суммарных показаний радиометра показания фона:

$$N_0 = N_1 - N_{\phi}$$

Определить удельную активность пробы по формуле:

$$A_{уд} = 2 \cdot A_{гр},$$

где  $A_{гр}$  – удельная бета–активность определенная с помощью градуировочного графика (прилож. 4).

Продолжительность измерения проб продуктов с различной удельной активностью ориентировочно можно выбрать из таблицы 16.

Т а б л и ц а 16. Данные для выбора времени измерения активности.

Удельная активность, Ки/л	Время измерения, мин	Относительная ошибка, %
$1 \cdot 10^{-10}$	15	30
$5 \cdot 10^{-9}$	3	3
$5 \cdot 10^{-8}$	1	1

### Измерение активности методом с предварительным обогащением.

Порядок измерения фона:

– закрепить катионообменный (анионообменный) фильтр в кассете;

– кассету с фильтром поместить в свинцовый домик на нижнюю полку держателя, под рабочее окно детектора, закрыть свинцовый домик;

– нажатием кнопки секундомера ПУСК включить пересчетный прибор и определить скорость счета фона ( $N_{\phi}$  имп/мин):

– извлечь кассету с фильтром.

Порядок обработки фильтра:

– открыв замки крепления верхней крышки, открыть резервуар блока обработки;

– закрепить кассету с фильтром;

– резервуар заполнить исследуемой водой в количестве 2,5 л;

– закрыть резервуар и включить электродвигатель;

– по истечении 15 мин. выключить электродвигатель, открыть резервуар и снять кассету с обработанным фильтром;

– положить кассету между сложенными вчетверо кусками фильтровальной бумаги и слегка прижать их руками, что должно привести к сушке фильтра.

– после замера воды с удельной активностью резервуар обработать дезактивирующим раствором № 3 (или СФ-3К) и промыть чистой водой.

Порядок измерения обработанного фильтра:

– поместить кассету с обработанным фильтром в свинцовый домик на нижнюю полку держателя, под рабочее окно детектора (при этом выпуклая сторона кассеты должна быть обращена к детектору);

– нажатием кнопки секундомера ПУСК включить пересчетную схему и произвести измерение, определив суммарную скорость счета от обработанного фильтра и фона ( $N_1$  имп/мин).

– определить скорость счета от фильтра вычитая из суммарных показаний показания фона:

$$N_0 = N_1 - N_{\phi}$$

– определить удельную активность пробы по формуле:

$$A_{уд} = 1.4 \cdot A_{гр},$$

где,  $A_{гр}$  – удельная бета–активность определенная с помощью градуировочного графика (прилож. 4).

Продолжительность измерения проб продуктов с различной удельной активностью ориентировочно можно выбрать из таблицы 16.

## Поверка радиометра КРВП–ЗАБ.

Поверка радиометра должна проводиться методом образцового источника. Метод поверки по образцовому источнику заключается в том, что сравнивают значение внешнего излучения в частицах в секунду в угле  $2\pi$ , создаваемое образцовым источником с показаниями поверяемого радиометра.

При поверке должно быть установлено:

- а) соответствие показаний поверяемого радиометра действительным значениям измеряемой величины;
- б) погрешность измерений.

### Поверка блока бета-излучения.

1. Подключить блок детектирования бета-излучения. Поставить переключатель РАБОТА—ПРОВЕРКА в положение РАБОТА.

2. Включить пересчетный блок и прогреть в течение 5 минут.

3. Включить нажатием кнопки ПУСК секундомер и пересчетный блок для определения числа импульсов, регистрируемых радиометром от собственного фона, который не должен превышать 130 имп./мин. Время измерения должно быть не менее 10 минут.

4. Остановить нажатием кнопки ПУСК секундомер и пересчетную схему и определить число импульсов в секунду от собственного фона.

5. Перевести повторным нажатием кнопки ПУСК секундомер и пересчетную схему в исходное состояние.

6. Поместить под рабочее окно блока детектирования бета-излучения на верхние направляющие бета-источник, включить нажатием кнопки ПУСК пересчетную схему и секундомер, определить суммарное число импульсов от собственного фона и бета-источника. Время измерения должно быть не менее 10 минут.

7. Определить скорость счета только от бета-источника, для чего от суммарного числа импульсов в секунду от собственного фона и бета-источника вычесть число импульсов в секунду от собственного фона.

8. Основная погрешность измерения по твердому бета-источнику определяется по формуле:

$$\varepsilon = \frac{nA - N}{nA} 100\%$$

где  $n_0$  – число импульсов, приходящееся на одну частицу внешнего излучения; для бета-источника с изотопами стронций-90 + иттрий-90  $n_0 = 0,48 \pm 0,1$  имп/част, (точная величина указывается в формуляре для каждого блока детектирования бета-излучения);

$A$  – внешнее излучение бета-источника в угле  $2\pi$  в част/с;

$N$  – скорость счета, зарегистрированная радиометром при измерении внешнего излучения бета-источника, имп/с.

Величина основной погрешности не должна превышать  $\pm 20\%$ .

### Поверка блока альфа-радиометра.

Отсоединить блок детектирования бета-излучения и подсоединить к пересчетному блоку блок детектирования альфа-излучения.

1. Открыть окно блока детектирования альфа-излучения. Поместить чистый диск медной фольги в мелкую часть кюветы блока детектирования альфа-излучения и переместить ее в рабочее положение.

2. Закрыть окно блока детектирования альфа-излучения крышкой, при этом должна загореться сигнальная лампочка.

3. Включить нажатием кнопки ПУСК секундомер и пересчетную схему и произвести измерение собственного фона. Время измерения должно быть не менее 10 минут.

В радиоактивно чистом окружающем воздухе собственный фон блока детектирования альфа-излучения не должен превышать 2-3 имп/мин.

4. Поместить альфа-источник на место фольги, включить нажатием кнопки ПУСК секундомер и пересчетную схему и определить число импульсов от альфа-источника. Время измерения должно быть не менее 5 минут.

5. Основная погрешность измерения по твердому альфа-источнику определяется по формуле:

$$\varepsilon = \frac{nA - N}{nA} 100\%$$

где  $n_0$  – число импульсов, приходящееся на одну частицу внешнего излучения; для альфа-источника с изотопом Рн-239  $n_0 = 0,70 \pm 0,18$  имп/част. (точная величина указывается в формуляре для каждого блока детектирования альфа-излучения);

$A$  – внешнее излучение альфа-источника в угле  $2\pi$  в част/с;

$N$  – скорость счета, зарегистрированная радиометром при измерении внешнего излучения альфа-источника, в имп/с.

Величина основной погрешности не должна превышать  $\pm 25\%$ .

6. Сделайте вывод о пригодности прибора к работе.

