



**АТОМТЕХ**

**Научно - производственное унитарное предприятие**

**СПЕКТРОМЕТР МКС-АТ6101С**

**Спектральный радиационный сканер**

**ТЕХНИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО**

## Содержание

1	<u>Описание и работа</u> .....	3
1.1	<u>Назначение</u> .....	3
1.2	<u>Технические характеристики спектрометра</u> .....	4
1.3	<u>Технические характеристики БДКГ-11</u> .....	6
1.4	<u>Технические характеристики БДКН-01</u> .....	8
1.5	<u>Технические характеристики портативного компьютера</u> .....	10
1.6	<u>Технические характеристики GPS-приемника</u> .....	11
1.7	<u>Состав спектрометра</u> .....	12
1.8	<u>Комплектность</u> .....	13
1.9	<u>Устройство и работа спектрометра</u> .....	14
1.9.1	<u>Принцип действия спектрометра</u> .....	14
1.9.2	<u>Конструкция спектрометра</u> .....	18
1.10	<u>Размещение и монтаж</u> .....	20
1.11	<u>Маркировка и пломбирование</u> .....	20
1.12	<u>Упаковка</u> .....	21
	<u>Приложение А Типовая зависимость верхней границы диапазона измерений МД с БДКГ-11 от энергии гамма-излучения</u> .....	22
	<u>Приложение Б Анизотропия БДКГ-11</u> .....	23
	<u>Приложение В Зависимости чувствительности БДКН-01 от энергии нейтронного излучения</u> .....	24
	<u>Приложение Г Зависимость чувствительности БДКН-01 от углов падения гамма- и нейтронного излучений относительно направления градуировки</u> .....	25

Настоящее техническое руководство предназначено для изучения принципа работы, устройства и конструкции спектрометра **МКС-АТ6101С (Спектральный радиационный сканер)**, содержит основные технические данные и характеристики, а также другие сведения, необходимые для обеспечения правильной эксплуатации спектрометра и полного использования его возможностей.

Предприятие-изготовитель оставляет за собой право в процессе изготовления вносить в конструкцию и программное обеспечение изменения, не влияющие на метрологические характеристики спектрометра.

В тексте настоящего руководства приняты следующие обозначения и сокращения:

- БД - блок детектирования;
- МД - мощность дозы;
- Notebook - портативный компьютер;
- ФЭУ - фотоэлектронный умножитель.

# 1 Описание и работа

## 1.1 Назначение

Спектрометр **МКС-АТ6101С (Спектральный радиационный сканер)** (далее по тексту спектрометр) представляет собой многофункциональный носимый прибор, предназначенный для работы, как в лабораторных, так и в полевых условиях для радиационного сканирования объектов, помещений, а также территорий с привязкой на местности, поиска источников гамма- и нейтронного излучения, идентификации радионуклидного состава в реальном времени.

Основные функции спектрометра это измерение энергетического распределения регистрируемого гамма-излучения, измерение мощности амбиентного эквивалента дозы  $\dot{H}^*(10)$  гамма-излучения, измерение скорости счета нейтронов, поиск нейтроно-излучающих радионуклидов, поиск и идентификация гамма-излучающих радионуклидов.

При работе со спектрометром используется программное обеспечение “АТАS Scanner” разработанное в УП «АТОМТЕХ», которое управляет рабочим процессом с помощью голосовых сообщений оператору через гарнитуру.

- 1.1.1** Рабочие и нормальные условия эксплуатации, а также степени защиты Notebook, GPS-приемника (если тип отличается от BT308 (GlobalSat)), гарнитуры соответствуют их паспортным данным.
- 1.1.2** Спектрометр не предназначен для эксплуатации во взрывоопасных зонах согласно “Правилам устройства электроустановок”.

## 1.2 Технические характеристики спектрометра

**1.2.1** Спектрометр обеспечивает автоматическое измерение спектров гамма-излучения, с заданным временем накопления от 1 до 68400 с, передачу измеренных данных через USB интерфейс в Notebook не более чем за 1,5 с, сохранение полученных данных в файлы спектров формата miniMCA-166.

**1.2.2** Спектрометр обеспечивает режим поиска гамма-излучающих источников в реальном времени с привязкой на местности, с подачей звуковых и голосовых сообщений оператору.

В таблице 1.1 представлены активности некоторых радионуклидных источников гамма-излучения, на которые спектрометр выдает звуковую сигнализацию в течение 2 секунд на расстоянии 1 метр и над уровнем фона 0.1 мкЗв/ч при уровне ложных срабатываний на фоне не более одного за 30 минут.

**Таблица 1.1** Чувствительность спектрометра при поиске источников радиации на расстоянии 1 метр.

Радионуклид	Активность, кБк на 1м
Cs-137	185
Co-60	160
Am-241	1250
Ba-133	190

В таблице 1.2 представлены активности некоторых радионуклидных источников гамма-излучения, на которые спектрометр выдает голосовую сигнализацию о наличии радиации неестественного происхождения в течение не более 20 секунд на расстоянии 1 метр и над уровнем фона 0.1 мкЗв/ч.

**Таблица 1.2** Чувствительность спектрометра при поиске источников радиации неестественного происхождения на расстоянии 1 метр.

Радионуклид	Активность, кБк на 1м	Мощность дозы над фоном, мкЗв/ч	Срабатываний из 100 тестов
Ba-133	270	0,03	99
Cs-137	250	0,03	95
Co-60	200	0,07	96
Am-241	800	0,01	99

После обнаружения источников радиации неестественного происхождения спектрометр переключается в режим идентификации.

- 1.2.3** Спектрометр обеспечивает идентификацию обнаруженного гамма-излучающего радионуклида или смеси гамма-излучающих радионуклидов с учетом того, что радионуклид содержится в библиотеке спектрометра или обнаруженная смесь позволяет выявить все или некоторые радионуклиды, входящие в её состав и содержащиеся в библиотеке спектрометра, учитывая энергетическое разрешение БДКГ-11 и вклад в регистрируемое гамма-излучение каждого радионуклида смеси.
- 1.2.4** Спектрометр обеспечивает отображение измеряемой мощности дозы и результата идентификации измеренного спектра в окне спектра
- 1.2.5** Спектрометр обеспечивает отображение скорости счета нейтронов в отдельном окне программы.
- 1.2.6** В случае отсутствия связи или сигнала от GPS-приемника спектрометр обеспечивает подачу голосового сообщения оператору.
- 1.2.7** Спектрометр обеспечивает запоминание времени окончания измерения, живого и реального времени набора спектра, мощности дозы, результата идентификации, данных привязки от GPS-приемника, температуры от термодатчика БДКГ-11, энергетического диапазона измерений, характеристики преобразования и характеристики разрешения БДКГ-11 в файле спектра.
- 1.2.8** Время установления рабочего режима спектрометра составляет 1 мин.
- 1.2.9** Время непрерывной работы спектрометра при автономном питании с беспроводным наушником без видеокамеры от полностью заряженного встроенного блока аккумуляторов Notebook в нормальных условиях эксплуатации должно составлять не менее 3 ч с использованием дополнительного аккумулятора Notebook.
- 1.2.10** Масса составных частей, входящих в комплект поставки спектрометра, кг, не более:
- GPS-приемник - 0,1;
  - Адаптер USB-БД - 0,1;
  - БДКГ-11 - 1,9;
- 1.2.11** Габаритные размеры составных частей спектрометра, входящих в комплект поставки, мм, не более:
- БДКГ-11 - Ø 80x340;
  - GPS-приемник - 85x47x26;
  - адаптера USB-БД - 100x50x35.

### 1.3 Технические характеристики БДКГ-11

- 1.3.1** В качестве детектора в БДКГ-11 используется сцинтилляционный кристалл NaI(Tl) размерами  $\varnothing$  63х63 мм.
- 1.3.2** БДКГ-11 измеряет энергетическое распределение гамма-излучения в выбираемых пользователем диапазонах энергий:
- от 20 до 1500 кэВ;
  - от 40 до 3000 кэВ.
- 1.3.3** Максимальная входная статистическая нагрузка БДКГ-11 в спектрометрическом режиме составляет не менее  $5 \cdot 10^4 \text{ с}^{-1}$ .
- 1.3.4** Число каналов БДКГ-11 составляет 512.
- 1.3.5** Градуировочная характеристика преобразования БДКГ-11 нормируется в виде табличной зависимости между значениями энергии гамма-излучения и номерами каналов от 0 до 511.
- 1.3.6** Градуировочная характеристика преобразования хранится в энергонезависимой памяти БДКГ-11 и отображается на экране Notebook с помощью программного обеспечения "АТАS Scanner".
- 1.3.7** Предел допускаемой основной относительной погрешности градуировочной характеристики преобразования спектрометра не превышает 1 % в диапазоне энергий от 20 до 1000 кэВ и 2 % в диапазоне энергий от 1000 кэВ до 3000 кэВ.
- 1.3.8** Нестабильность градуировочной характеристики преобразования БДКГ-11 не более 1,5 % за время непрерывной работы спектрометра в нормальных условиях.
- 1.3.9** Нестабильность градуировочной характеристики преобразования БДКГ-11 не более 3 % за время непрерывной работы спектрометра при изменяющейся температуре во всем рабочем температурном диапазоне.
- 1.3.10** Относительное энергетическое разрешение для энергии гамма-излучения 662 кэВ радионуклида  $^{137}\text{Cs}$  составляет не более 9 %.
- 1.3.11** Относительное энергетическое разрешение для энергии гамма-излучения (122+136) кэВ радионуклида  $^{57}\text{Co}$  составляет не более 18 %.
- 1.3.12** БДКГ-11 имеет встроенную светодиодную стабилизацию всего энергетического тракта. Пик светодиода не присутствует во всей области измерения энергетического распределения гамма-излучения.
- 1.3.13** БДКГ-11 имеет встроенный и расположенный на поверхности корпуса сцинтилляционного детектора термодатчик для постоянной температурной компенсации измерительного тракта.
- 1.3.14** БДКГ-11 измеряет мощность амбиентного эквивалента дозы  $\dot{H}^*(10)$  (далее мощность дозы) гамма-излучения в диапазоне от 0,01 до 100 мкЗв/ч и с пределами допускаемой основной относительной погрешности измерения  $\pm 20$  %.
- 1.3.15** Энергетическая зависимость при измерении мощности дозы гамма-излучения в диапазоне энергий от 60 до 3000 кэВ относительно энергии 662 кэВ гамма-излучения  $^{137}\text{Cs}$  не превышает  $\pm 20$  %.
- 1.3.16** Пределы допускаемой дополнительной относительной погрешности измерения мощности дозы:

- $\pm 10\%$  при изменении температуры окружающего воздуха в рабочем диапазоне температур относительно нормальных условий;
- $\pm 10\%$  при изменении относительной влажности от нормальных условий до  $95\%$ ;
- $\pm 10\%$  при изменении напряженности постоянных магнитных полей от нормальных условий до  $400\text{ А/м}$ ;
- $\pm 5\%$  при воздействии синусоидальной вибрации в диапазоне частот от  $10$  до  $55\text{ Гц}$ .

**1.3.17** Электропитание БДКГ-11 осуществляется от перезаряжаемого блока аккумуляторов, встроенного в Notebook.

**1.3.18** Мощность, потребляемая БДКГ-11 и USB-БД адаптера, не превышает  $600\text{ мВт}$ .

**1.3.19** Рабочие условия эксплуатации БДКГ-11:

- температура окружающего воздуха,  $^{\circ}\text{C}$  от минус  $20$  до плюс  $50$ ;
- относительная влажность воздуха,  $\%$  при температуре  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$  и более низких температурах без конденсации влаги  $95\pm 3$ ;
- атмосферное давление,  $\text{кПа}$  ( $\text{мм рт.ст.}$ ) от  $84$  до  $106,7$  (от  $630$  до  $800$ );
- напряженность постоянных или переменных ( $50\text{ Гц}$ ) магнитных полей,  $\text{А/м}$  до  $400$ .

**1.3.20** Нормальные условия эксплуатации БДКГ-11:

- температура окружающего воздуха,  $^{\circ}\text{C}$   $(20 \pm 5)$ ;
- относительная влажность воздуха,  $\%$   $60 (+20; -30)$ ;
- атмосферное давление,  $\text{кПа}$   $101,3 (+5,4; -15,3)$ ;
- напряженность постоянных или переменных ( $50\text{ Гц}$ ) магнитных полей,  $\text{А/м}$  до  $40$ .

**1.3.21** БДКГ-11 устойчив к воздействию:

- а) температуры окружающего воздуха от минус  $20$  до плюс  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- б) относительная влажность воздуха до  $(95\pm 3)\%$  при температуре  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$  и более низких температурах без конденсации влаги;
- в) атмосферного давления в диапазоне от  $84$  до  $106,7\text{ кПа}$ ;
- г) синусоидальной вибрации с параметрами:
  - диапазон частот от  $10$  до  $55\text{ Гц}$ ;
  - смещение для частоты перехода  $0,35\text{ мм}$ ;
- д) одиночного удара с параметрами:
  - ускорение  $49\text{ м/с}^2$  ( $5\text{g}$ );
  - длительность от  $0,5$  до  $30\text{ мс}$ .

**1.3.22** БДКГ-11 в транспортной таре прочен к воздействию:

- а) температуры от минус  $30$  до плюс  $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- б) относительной влажности воздуха до  $100\%$  при температуре  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;



в) ударов с ускорением  $100 \text{ м/с}^2$  (10g), длительностью ударного импульса 16 мс, числом ударов  $1000 \pm 10$  для каждого из трёх взаимно перпендикулярных направлений.

- 1.3.23** БДКГ-11 сохраняет работоспособность в постоянных магнитных полях напряженностью до 400 А/м.
- 1.3.24** Степени защиты БДКГ-11 от проникновения воды, пыли и посторонних твердых частиц IP54 по МЭК 60529.
- 1.3.25** Конструкция и материалы покрытия БДКГ-11 обеспечивают возможность проведения дезактивации.
- 1.3.26** Требования надежности для БДКГ-11:
- средняя наработка на отказ - не менее 8000 ч;
  - средний срок службы - не менее 10 лет;
  - средний ресурс - не менее 10000 ч;
  - среднее время восстановления - не более 3 ч.
- 1.3.27** Уровень промышленных радиопомех, создаваемых БДКГ-11, не превышает норм, установленных по классу В CISPR 22:1997.
- 1.3.28** БДКГ-11 по устойчивости к электростатическим разрядам соответствует требованиям МЭК 61000-4-2:1995 со степенью жесткости испытаний “3” и критерием качества функционирования “А”.
- 1.3.29** БДКГ-11 по устойчивости к радиочастотным электромагнитным полям соответствует требованиям МЭК 61000-4-3:1995 со степенью жесткости испытаний “2” и критерием качества функционирования “А”.
- 1.3.30** Испытания, хранение, транспортирование, эксплуатация и утилизация БДКГ-11 не оказывает вредного воздействия на окружающую среду.

## 1.4 Технические характеристики БДКН-01

- 1.4.1** БДКН-01 измеряет:
- Плотность потока нейтронов (плотность потока нейтронного излучения) в диапазоне от 0,1 до  $10^4 \text{ с}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$ . При этом пределы допускаемой основной относительной погрешности измерения  $\pm 20\%$ ;
  - Скорость счета импульсов от 0,01 до  $1,5 \cdot 10^5 \text{ с}^{-1}$ .
- 1.4.2** Диапазон энергий регистрируемого нейтронного излучения с БДКН-01 находится в пределах от 0,25 эВ до 10 МэВ.  
Значения относительных коэффициентов чувствительности БДКН-01 при измерении плотности потока и мощности дозы для типовых источников нейтронного излучения и типовые зависимости относительной чувствительности от энергии регистрируемого излучения приведены в приложении В.
- 1.4.3** Типовые характеристики зависимости чувствительности БДКН-01 от угла падения нейтронного излучения относительно направления градуировки (анизотропия) приведены в приложении Г.
- 1.4.4** Чувствительность БДКН-01:
- Нейтронное излучения плутоний-бериллиевых источников – 1,5 импульса в секунду на 1 нейтрон/(с·см<sup>2</sup>).

- Нейтронное излучения источника калифорний-252 – 2 импульса в секунду на 1 нейтрон/(с·см<sup>2</sup>).
- 1.4.5** Мощность, потребляемая БДКН-01 и USB-БД адаптера, не превышает 300 мВт.
- 1.4.6** Рабочие условия эксплуатации БДКН-01:
- температура окружающего воздуха, °С от минус 20 до плюс 50;
  - относительная влажность воздуха, % при температуре 35 °С и более низких температурах без конденсации влаги 95±3;
  - атмосферное давление, кПа (мм рт.ст.) от 84 до 106,7 (от 630 до 800);
  - напряженность постоянных или переменных (50 Гц) магнитных полей, А/м до 400.
- 1.4.7** Нормальные условия эксплуатации БДКН-01:
- температура окружающего воздуха, °С (20 ± 5);
  - относительная влажность воздуха, % 60 (+20; -30);
  - атмосферное давление, кПа 101,3 (+5,4; -15,3);
  - напряженность постоянных или переменных (50 Гц) магнитных полей, А/м до 40.
- 1.4.8** БДКН-01 устойчив к воздействию:
- а) температуры окружающего воздуха от минус 20 до плюс 50 °С;
  - б) относительная влажность воздуха до (95±3)% при температуре 35 °С и более низких температурах без конденсации влаги;
  - в) атмосферного давления в диапазоне от 84 до 106,7 кПа;
  - г) синусоидальной вибрации с параметрами:
    - диапазон частот от 10 до 55 Гц;
    - смещение для частоты перехода 0,35 мм;
  - д) одиночного удара с параметрами:
    - ускорение 49 м/с<sup>2</sup> (5g);
    - длительность от 0,5 до 30 мс.
- 1.4.9** БДКН-01 в транспортной таре прочен к воздействию:
- а) температуры от минус 30 до плюс 55 °С;
  - б) относительной влажности воздуха до 100 % при температуре 40 °С;
  - в) ударов с ускорением 100 м/с<sup>2</sup> (10g), длительностью ударного импульса 16 мс, числом ударов 1000 ± 10 для каждого из трёх взаимно перпендикулярных направлений.
- 1.4.10** БДКН-01 сохраняет работоспособность в постоянных магнитных полях напряженностью до 400 А/м.
- 1.4.11** Степени защиты БДКН-01 от проникновения воды, пыли и посторонних твердых частиц IP54 по МЭК 60529.
- 1.4.12** Конструкция и материалы покрытия БДКН-01 обеспечивают возможность проведения дезактивации.
- 1.4.13** Требования надежности для БДКН-01:

- средняя наработка на отказ - не менее 8000 ч;
- средний срок службы - не менее 10 лет;
- средний ресурс - не менее 10000 ч;
- среднее время восстановления - не более 3 ч.

**1.4.14** Уровень промышленных радиопомех, создаваемых БДКН-01, не превышает норм, установленных по классу В CISPR 22:1997.

**1.4.15** БДКН-01 по устойчивости к электростатическим разрядам соответствует требованиям МЭК 61000-4-2:1995 со степенью жесткости испытаний “3” и критерием качества функционирования “А”.

**1.4.16** БДКН-01 по устойчивости к радиочастотным электромагнитным полям соответствует требованиям МЭК 61000-4-3:1995 со степенью жесткости испытаний “2” и критерием качества функционирования “А”.

**1.4.17** Испытания, хранение, транспортирование, эксплуатация и утилизация БДКН-01 не оказывает вредного воздействия на окружающую среду.

## 1.5 Технические характеристики портативного компьютера

**1.5.1** Notebook обеспечивает энергопитание всех узлов спектрометра, которые подключаются к USB-портам Notebook.

**1.5.2** Notebook обеспечивает автоматический контроль разряда блока аккумуляторов.

**1.5.3** Заряд блока аккумуляторов Notebook осуществляется в соответствии с требованиями в его эксплуатационной документации;

**1.5.4** Notebook должен содержать необходимый минимум USB-портов и Bluetooth-интерфейс для работы в конфигурациях представленных в таблице 1.3:

**Таблица 1.3**

Количество USB-портов	Встроенный в Notebook Bluetooth-интерфейс	Узлы, подключаемые через USB-порт	Узлы, подключаемые через Bluetooth-интерфейс
1	+	БДКГ-11	Bluetooth GPS-приемник
2	+	БДКГ-11, БДКН-01	Bluetooth GPS-приемник
2	-	БДКГ-11, USB-Bluetooth Dongle	Bluetooth GPS-приемник
2	-	БДКГ-11, USB GPS приемник	
3	-	БДКГ-11, USB-Bluetooth Dongle, БДКН-01	Bluetooth GPS-приемник
3	-	БДКГ-11, БДКН-01, USB- GPS-приемник	

**1.5.5** Notebook должен иметь пассивный режим охлаждения, чтобы работать в футляре или сумке с прикрытыми вентиляционными отверстиями.

**1.5.6** Notebook должен работать в составе спектрометра с беспроводной гарнитурой и без использования видеокамеры с использованием дополнительного аккумулятора не менее 3 часов.

**1.5.7** Notebook должен иметь устойчивый к вибрациям «жесткий» диск.

**1.5.8** Notebook должен иметь не менее 256 Мб оперативной памяти.

- 1.5.9 Notebook должен иметь процессор Intel Centrino 1 ГГц, или подобный малопотребляющий с пассивным охлаждением.
- 1.5.10 Notebook должен иметь предустановленную операционную систему Windows XP или Windows2000.
- 1.5.11 Управление питанием USB-портов Notebook должно быть настроено на постоянное запитывание.
- 1.5.12 Режимы выключения или перехода в спящий или ждущий режим по закрытию Notebook или по истечении некоторого времени должны быть отключены. Notebook должен быть настроен на постоянную работу.
- 1.5.13 Первое действие по разряду аккумуляторов Notebook должно быть настроено как «бездействие».
- 1.5.14 Второе действие по разряду аккумуляторов Notebook должно быть настроено как «выключение».
- 1.5.15 Недопустим переход Notebook в спящий или ждущий режим во время работы сканера.
- 1.5.16 При использовании неавтономной видеокамеры Notebook должен иметь интерфейс FireWire или один свободный USB-порт для подключения Web-камеры. При использовании автономной видеокамеры никаких дополнительных интерфейсов и портов не требуется.
- 1.5.17 Для удаленной передачи данных Notebook может иметь интерфейс WiFi или WLAN или встроенный модем или возможность подключения сотового телефона.

## 1.6 Технические характеристики GPS-приемника

- 1.6.1 Частота принимаемого сигнала L1, 1575.42 MHz
- 1.6.2 Число каналов - 12
- 1.6.3 Чувствительность -170 dBW
- 1.6.4 Базис - WGS-84
- 1.6.5 Быстрый старт 8 с., (с эфемеридой и альманахом).
- 1.6.6 Теплый старт 38 с., (с альманахом, но без эфемериды).
- 1.6.7 Холодный старт 45 с., (без альманаха и эфемериды).
- 1.6.8 Время восстановления после прерывания 0.1 с.
- 1.6.9 GPS выходные данные NMEA 0183 протокол, и поддерживаемые команды:
- 1.6.10 GGA, GSA, GSV, RMC, VTG, GLL (VTG и GLL опционально)
- 1.6.11 Скорость передачи данных по серийному интерфейсу 38400,N,8,1
- 1.6.12 Предел ускорения - менее 4g
- 1.6.13 Предел высоты -18,000 метров (60,000 футов).
- 1.6.14 Предел скорости - 515 метров/сек. (1,000 узлов).
- 1.6.15 Предел резкого толчка - 20 м/с<sup>3</sup>
- 1.6.16 Напряжение питания - 3.3V
- 1.6.17 Встроенная аккумуляторная батарея - 900 мА·ч.
- 1.6.18 Входное напряжение питания при заряде – 5V
- 1.6.19 Время непрерывной работы – 8 часов.
- 1.6.20 Размеры - 85мм x 47мм x 26мм.
- 1.6.21 Вес - 98г.
- 1.6.22 Диапазон рабочих температур -20°~ 70°С.
- 1.6.23 Диапазон температуры хранения -30°~ 80°С.
- 1.6.24 Влажность - 95% без конденсации.

## 1.7 Состав спектрометра

1.7.1 Состав спектрометра указан в таблице 1.4.

Таблица 1.4

Наименование, тип	Количество	Примечание
<b>1 Блок детектирования БДКГ-11</b>	1	Спектрометрический блок детектирования гамма-излучения
<b>2 Блок детектирования БДКН-01</b>	1	Блок детектирования нейтронного излучения
<b>3 Адаптер USB-БД</b>	2	Для подключения БДКГ-11 и БДКН-01 к Notebook через USB-порт
<b>4 Портативный компьютер</b>	1	Тип Notebook
<b>5 GPS-приемник</b>	1	Тип BT-308 (GlobalSat) или другой совместимый по протоколу NMEA. Для привязки на местности
<b>5.1 GPS-антенна</b>	1	Для улучшения приема сигнала системы позиционирования
<b>5.2 зарядное устройство</b>	1	Для зарядки GPS-приемника
<b>5.3 автомобильное зарядное устройство</b>	1	Для зарядки GPS-приемника в автомобиле
<b>5.4 компакт-диск</b>	1	Содержит драйвер и тестовое программное обеспечение
<b>6 Видеокамера</b>	1	FireWire-видеокамера или USB Web-камера или автономная видеокамера для съемки местности
<b>7 Комплект принадлежностей:</b>		
<b>7.1 контрольная проба</b>	1 <sup>1)</sup>	Для стабилизации БДКГ-11
<b>7.2 кабель БД</b>	2	Для подключения БДКГ-11 и БДКН-01 к адаптерам USB-БД, длина 40 см.
<b>7.3 кабель USB А-В</b>	2	Для подключения адаптеров USB-БД к Notebook, длина 1,8 м.
<b>7.4 проводной наушник или беспроводная гарнитура</b>	1	Для проводного наушника длина кабеля 2 м.
<b>7.5 зарядное устройство для беспроводной гарнитуры</b>	1	Для зарядки беспроводной гарнитуры
<b>7.6 рабочая упаковка</b>	1	Плечевой рюкзак или кейс
<b>7.7 упаковка</b>	1	Футляр для хранения и переноски спектрометра и принадлежностей
<b>7.8 USB-Hub</b>	1	Для расширения количества USB портов Notebook
<b>8 Программное обеспечение "АТАS Scanner"</b>	1	Поставляется на компакт-диске
<b>9 Руководство оператора "АТАS"</b>	1	
<b>10 Техническое руководство</b>	1	
<b>11 Руководство по эксплуатации</b>	1	
Примечание:		
1) калийное удобрение, калий хлористый галургический		

## 1.8 Комплектность

1.8.1 Комплектность спектрометра указана в таблице 1.5.

Таблица 1.5

Наименование, тип	Заводской номер	Количество	Примечание
<b>1</b> <b>Блок детектирования БДКГ-11</b>			
<b>2</b> <b>Блок детектирования БДКН-01</b>			
<b>3</b> <b>Адаптер USB-БД</b>			
<b>4</b> <b>Портативный компьютер</b>			
<b>5</b> <b>GPS-приемник</b>			
<b>5.1</b> GPS-антенна			
<b>5.2</b> зарядное устройство			
<b>5.3</b> автомобильное зарядное устройство			
<b>5.4</b> компакт-диск			
<b>6</b> <b>Видеокамера</b>			
<b>7</b> <b>Комплект принадлежностей:</b>			
<b>7.1</b> контрольная проба			
<b>7.2</b> кабель БД			
<b>7.3</b> кабель USB А-В			
<b>7.4</b> проводной наушник или беспроводная гарнитура			
<b>7.5</b> зарядное устройство для беспроводной гарнитуры			
<b>7.6</b> рабочая упаковка			
<b>7.7</b> упаковка			
<b>7.8</b> USB-Hub			
<b>8</b> <b>Программное обеспечение “АТAS Scanner ”</b>			
<b>9</b> <b>Руководство оператора “АТAS”</b>			
<b>10</b> <b>Техническое руководство</b>			
<b>11</b> <b>Руководство по эксплуатации</b>			

## 1.9 Устройство и работа спектрометра

### 1.9.1 Принцип действия спектрометра

**1.9.1.1** Принцип действия БДКГ-11 основан на использовании высокочувствительных методов спектрометрии и радиометрии с применением сцинтилляционных детектора NaI(Tl) Ø63x63 мм и ФЭУ.

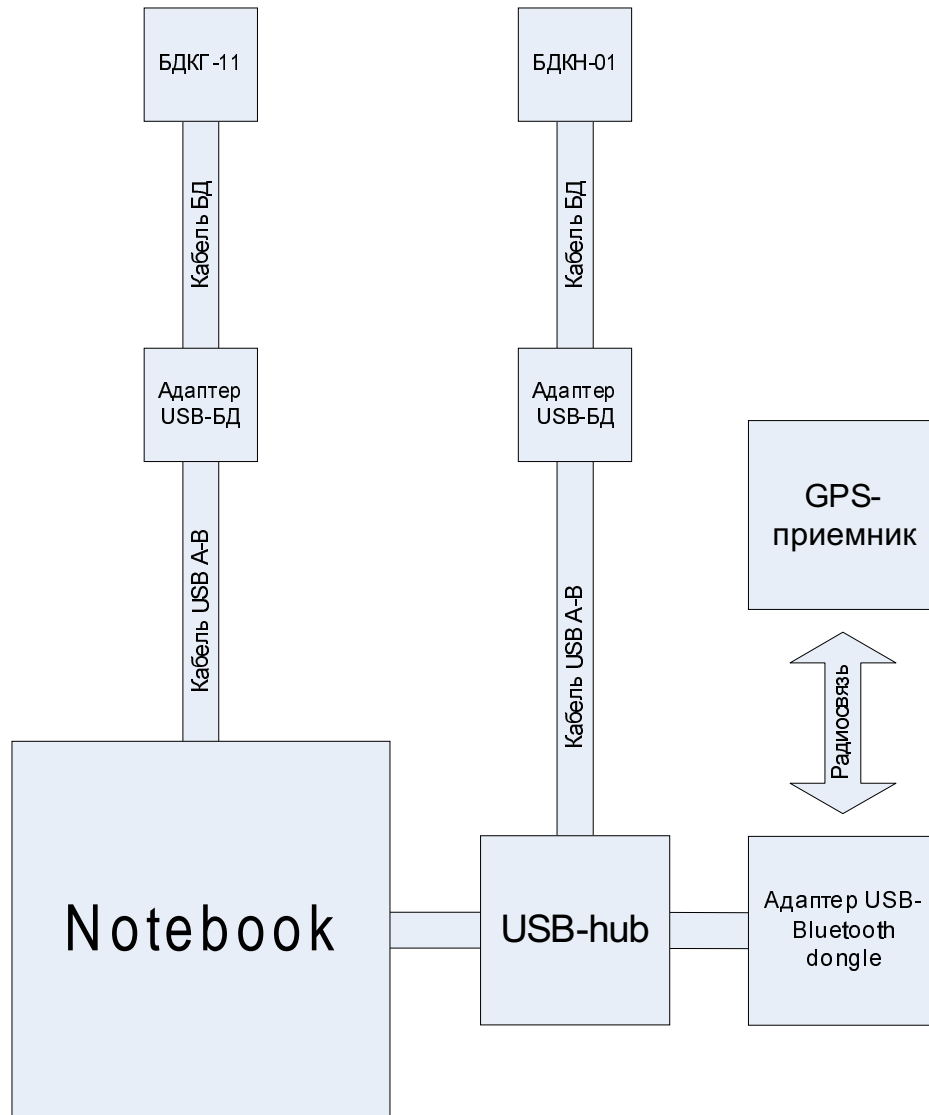
Принцип действия БДКН-01 основан на использовании счетчиков с гелием 3 с давлением гелия 8 атмосфер.

Алгоритм работы спектрометра обеспечивает непрерывность процесса измерения спектра, вычисление по спектру значения мощности дозы, идентификацию радионуклидов и оперативное представление получаемой информации на экране Notebook.

В БДКГ-11 при измерении мощности дозы использован спектрометрический метод преобразования аппаратурных спектров непосредственно в мощность дозы с помощью корректирующих весовых коэффициентов, значения которых зависят от амплитуды регистрируемых импульсов. Верхняя граница диапазона измерений МД с БДКГ-11 зависит от предельно допустимой статистической загрузки ( $9,5 \cdot 10^4 \text{ с}^{-1}$ ) и от энергии регистрируемого гамма-излучения (**приложение А**).

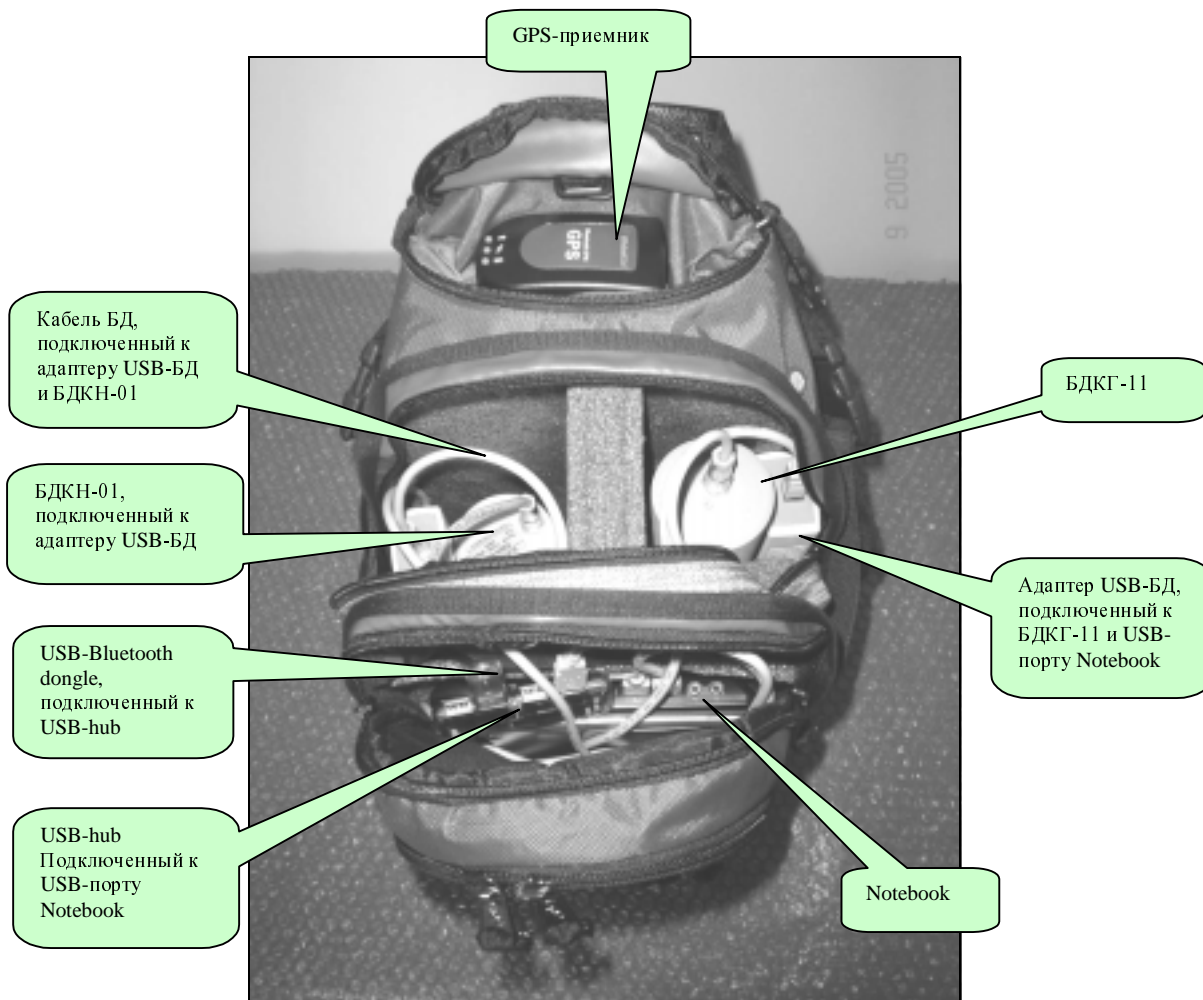
Для повышения стабильности измерений в БДКГ-11 применена система светодиодной стабилизации измерительного тракта, которая одновременно обеспечивает проверку работоспособности всего тракта в процессе работы, кроме того, в БДКГ-11 реализована система автоматической температурной компенсации измерений от встроенного термодатчика.

**1.9.1.2** При работе в автономном режиме питание спектрометра осуществляется от встроенного блока аккумуляторов (БА) в Notebook.

**1.9.1.3** Схема подключения составных частей спектрометра на рисунке 1.1.**Рисунок 1.1 - Схема подключения составных частей спектрометра**



#### 1.9.1.4 Как должен быть упакован спектрометр, показано на рисунке 1.2.



**Рисунок 1.2 – Упаковка спектрометра**

#### 1.9.1.5 Принцип действия алгоритма поиска гамма-излучающих источников основан на анализе истории измерений счетного канала БДКГ-11.

Счетный канал считает все зарегистрированные импульсы в диапазоне энергий от 20 до 3000 кэВ.

История измерений представляет собой т.н. «скользящий» буфер фиксированной ширины, равной 91 измерению. Каждое измерение заполняется с частотой 3 раза в секунду.

Буфер заполняется следующим образом:

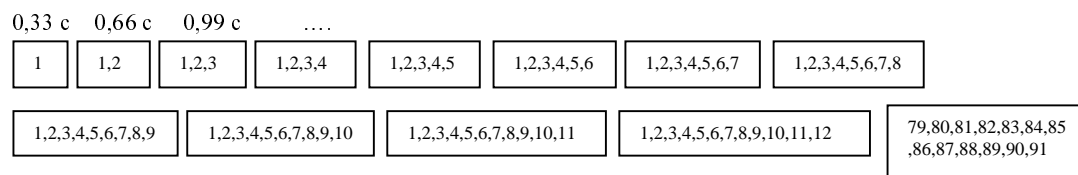
- последнее (91-ое) измерение удаляется;
- все измерения в буфере сдвигаются на одно в конец, тем самым, освобождая ячейку для измерения под номером 1;
- текущее измерение записывается под номером 1.

Таким образом, измерение под номером 1 – самое последнее измерение; измерение под номером 91 – самое раннее измерение, существующее в буфере.

Полное заполнение буфера означает, что спектрометр набрал фон. Этот процесс длится не более 30 с.

После полного заполнения буфера спектрометр переходит в режим поиска. Каждое следующее измерение приводит к анализу на изменение обстановки.

Весь буфер (91 измерение) разбивается на 13 областей с различной временной шириной от 0,33 до 4,29 с (рисунок 1.3).



**Рисунок 1.3 - Схема поисковых областей**

Чем больше измерений в области, тем меньше скорости счета можно обнаружить над фоном. Тринадцатая область используется для расчета фоновой скорости счета, относительно которой ведется анализ.

Анализ ведется следующим образом:

- 1 Измерения ведутся до заполнения всего буфера
- 2 Каждая область анализируется на выполнение условия:

$$\frac{(N_{13} - L_{13} + 1) \times \sum_{i=L_j}^{N_j} n_i}{N_j - L_j + 1} - \frac{\sum_{i=L_{13}}^{N_{13}} n_i}{\sqrt{\sum_{i=L_{13}}^{N_{13}} n_i}} > S_j, \quad (1)$$

где  $j$  - номер области,  $n_i$  -  $i$ -ое измерение,  $S_j$  - порог обнаружения, задаваемый пользователем,  $L_j$  - номер первого измерения в области  $j$ ,  $N_j$  - номер последнего измерения в области  $j$ ,  $L_{13}=79$  и  $N_{13}=91$  - номера первого и последнего измерения.

- 3 Если условие (1) выполняется, то считается, что обнаружено превышение над фоном, и начинается процесс набора спектра для идентификации, т.н. процесс уточнения. Время набора спектра уточнения задается пользователем.
- 4 Если в процессе уточнения будет обнаружен радионуклид, то голосовым сообщением программа "ATAS Scanner" сообщит о категории найденного радионуклида (Norm, Nuclear, Medical, Industrial).

**1.9.1.6** Все измеренные спектры, программа может сохранять в заданную пользователем папку. Рекомендуется перед началом нового этапа сканирования настроить сохранение файлов в новую папку. Спектры уточнения сохраняются в подпапку под именем «Identification». Все измеренные скорости счета автоматически сохраняются в подпапку под именем «Count» после окончания сканирования. Моменты превышения порога отмечаются в журнале, который автоматически сохраняется после выхода из программы.

**1.9.1.7** После окончания процесса поиска, оператор с помощью функции многомерного анализа массива спектров может провести ручной анализ накопленных данных. Весь массив спектров или его часть может быть загружен в программу "ATAS Scanner" с помощью диаграммы спектров. Загрузка большого числа спектров может занять несколько минут. После чего программа отобразит цветную диаграмму массива спектров.

Передвижение маркера на диаграмме при включенной опции отображения спектров приведет к отображению того спектра на экране, который соответствует положению маркера. Информационная строка маркера содержит

номер спектра, дату и время измерения спектра, данные привязки, а также энергию позиции курсора в спектре диаграммы.

Визуальный анализ диаграммы спектров позволяет выявить время и место изменения обстановки, наличие областей повышенной скорости счета на спектрах диаграммы.

**1.9.1.8** Принцип соединения БД с Notebook основан на интерфейсе RS232 с использованием протокола RSMdbus. Адаптер USB-БД является преобразователем напряжения, а также транслятором потока данных интерфейса RS232 в поток данных интерфейса USB. Отключения адаптера USB-БД от Notebook приведет к отключению питания БД.

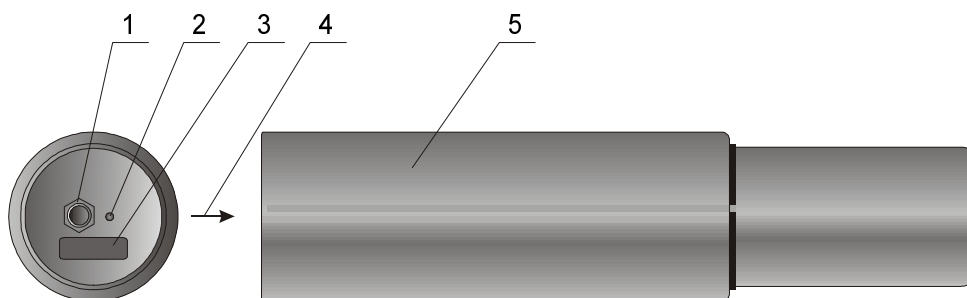
**1.9.1.9** Принцип соединения GPS-приемника с Notebook основан на использовании беспроводного интерфейса Bluetooth.

## 1.9.2 Конструкция спектрометра

**1.9.2.1** Конструктивно спектрометр выполнен в виде отдельно функционально законченных блоков детектирования, соединенных с Notebook через адаптеры USB-БД посредством кабелей БД и кабелей USB А-В. Блоки детектирования имеют пылебрызгозащищенный корпусы из алюминиевого сплава с полимерным покрытием.

**1.9.2.2** Общий вид спектрометра представлен на рисунке 1.2.

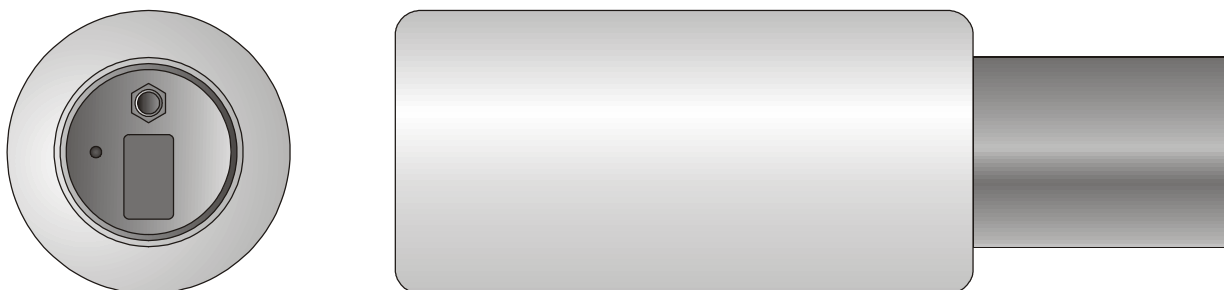
**1.9.2.3** Внешний вид БДКГ-11 представлен на рисунке 1.5.



1 – соединитель; 2 – пломба; 3 – шильдик; 4 – направление градуировки БД; 5 – корпус БД.

**Рисунок 1.5 – Внешний вид БДКГ-11**

**1.9.2.4** Внешний вид БДКН-01 представлен на рисунке 1.6



**Рисунок 1.6 – Внешний вид БДКН-01**

**1.9.2.5** Внешний вид Notebook представлен на рисунке 1.7



**Рисунок 1.7 – Внешний вид Notebook**

**1.9.2.6** Внешний вид GPS-приемника BT-308 представлен на рисунке 1.8



**Рисунок 1.8 – Внешний вид GPS - приемника**

**1.9.2.7** Внешний вид адаптера USB-БД представлен на рисунке 1.9



**Рисунок 1.9 – Внешний адаптера USB-БД**

- 1.9.2.8** Контрольная проба представляет собой пластмассовую упаковку, заполненную минеральным удобрением на основе калия хлористого с естественным радионуклидом  $K^{40}$ , её внешний вид представлен на рисунке 1.10.



**Рисунок 1.10 – Внешний вид контрольной пробы**

Контрольная проба размещается на штатном месте в рабочем футляре спектрометра и предназначена для обеспечения стабилизации энергетической шкалы измерительного тракта БДКГ-11 в процессе эксплуатации спектрометра.

## **1.10 Размещение и монтаж**

- 1.10.1** Спектрометр размещается в футляре, кейсе, сумке, рюкзаке и т.д. (далее рабочий футляр) с использованием амортизационных вкладышей. Для наиболее эффективного сканирования БД должен быть размещен с учетом направления градуировки и данным анизотропии, приведенными в **приложении Б**.

Все кабели спектрометра должны быть соединены согласно схеме подключения. GPS-приемник можно размесить в футляре с выносной антенной, которая может быть размещена и закреплена на верхней поверхности футляра. Можно разместить GPS-приемник в кармане без использования выносной антенны, при этом нужно быть уверенным в качестве принимаемого сигнала со спутников, а также качестве сигнала беспроводного интерфейса Bluetooth, который сильно поглощается телом человека. Гарнитура или наушник размещается на ухе человека. При использовании проводного наушника необходимо вывести кабель из футляра или плечевой сумки, подключенный к аудио выходу Notebook. При использовании беспроводной гарнитуры необходимо убедиться в качестве передаваемого сигнала через интерфейс Bluetooth.

## **1.11 Маркировка и пломбирование**

- 1.11.1** Маркировка БД выполнена в виде этикетки на торцевой поверхности корпуса и содержит:

- товарный знак предприятия-изготовителя;
- условное обозначение БД;
- заводской номер по системе нумерации предприятия-изготовителя;
- год изготовления;
- надпись “Сделано в Беларуси”.

На корпусе БДКГ-11 имеется этикетка с предупреждающей надписью «**Внимание! Берегите от ударов**».

- 1.11.2** Маркировка адаптера USB-БД выполнена в виде этикетки на боковой поверхности корпуса и содержит:
- условное обозначение USB-БД;
  - заводской номер по системе нумерации предприятия-изготовителя;
  - год изготовления;
- 1.11.3** Маркировка контрольной пробы выполнена в виде этикетки на боковой поверхности упаковки с надписью «Контрольная проба, калий хлористый галургический».
- 1.11.4** Маркировка транспортной упаковки выполнена по ГОСТ 14192-96 в виде бумажных этикеток, содержащих манипуляционные знаки, основные, дополнительные и информационные надписи. Надписи на этикетках выполнены типографским способом.
- Этикетки наклеиваются на транспортную упаковку и ламинируются пленкой. Манипуляционные знаки по ГОСТ 14192-96, наносимые на этикетки транспортных упаковок: **“ХРУПКОЕ. ОСТОРОЖНО”, “ВЕРХ”, “БЕРЕЧЬ ОТ ВЛАГИ”**.
- Основные надписи содержат наименование грузополучателя, наименование пункта назначения, количество грузовых мест в партии и порядковый номер места в партии.
- Дополнительные надписи содержат наименование грузоотправителя и пункта отправления, надписи транспортных организаций.
- Информационные надписи содержат массы брутто и нетто грузового места в килограммах.
- 1.11.5** Пломбирование БД выполнено в виде этикетки из разрушаемой пленки, наклеенной на торцевой поверхности корпуса БД.

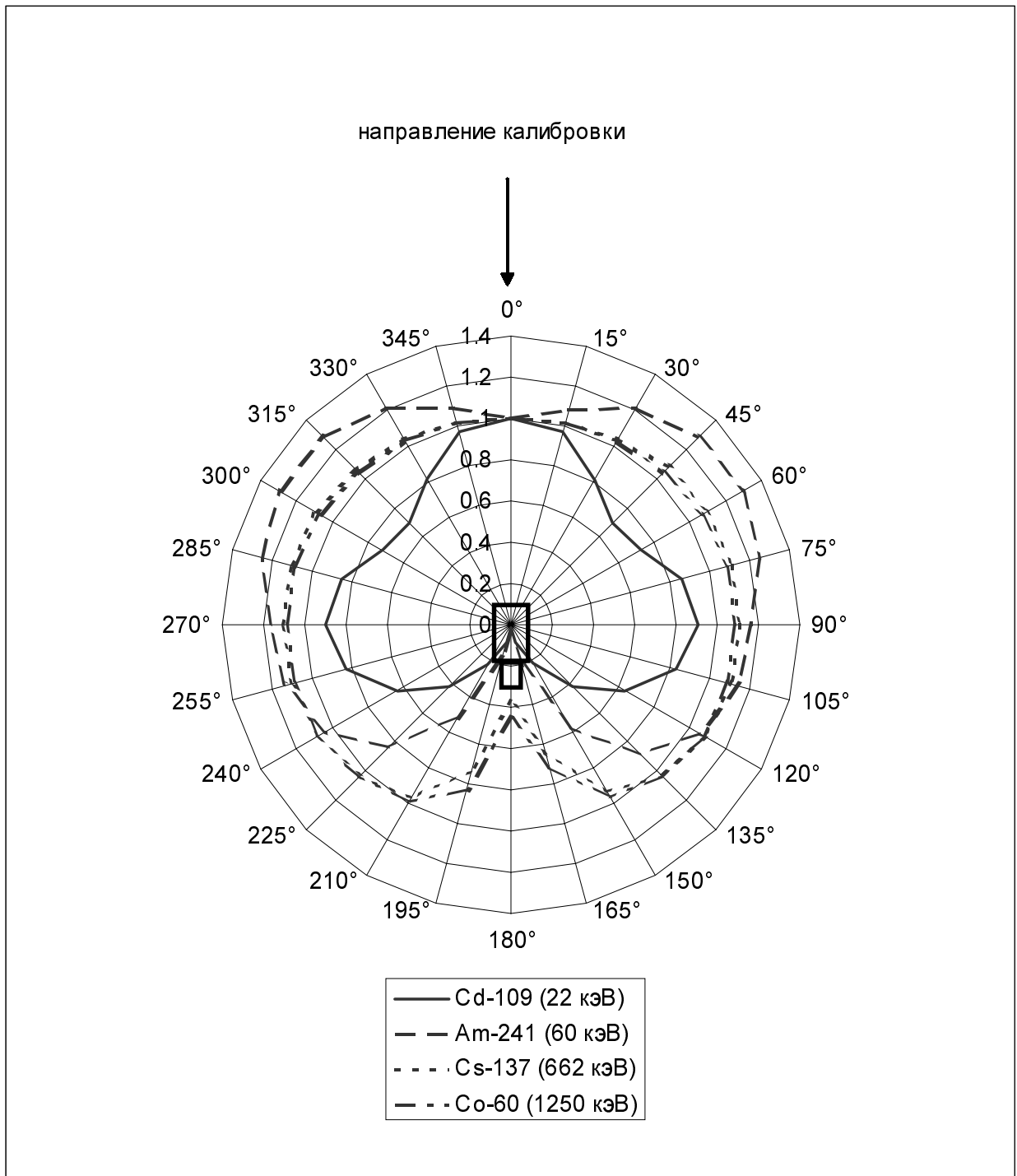
## 1.12 Упаковка

- 1.12.1** БД, адаптер USB-БД, кабель USB А-В, кабель БД, контрольная проба, GPS-приемник и принадлежности укладывают в специальный футляр. БД перед укладкой в футляр помещают в полиэтиленовый пакет. Затем футляр помещают в полиэтиленовый пакет и в коробку из гофрокартона. Notebook размещается в собственной упаковке.
- В качестве транспортной тары используют ящик из ДВП или гофрокартона, в который укладывают коробку с дипломатом или несколько коробок с дипломатами. В качестве прокладочного материала для заполнения свободного пространства используют гофрокартон.

**Приложение А**  
**Типовая зависимость верхней границы диапазона измерений МД с**  
**БДКГ-11 от энергии гамма-излучения**



## Приложение Б Анизотропия БДКГ-11

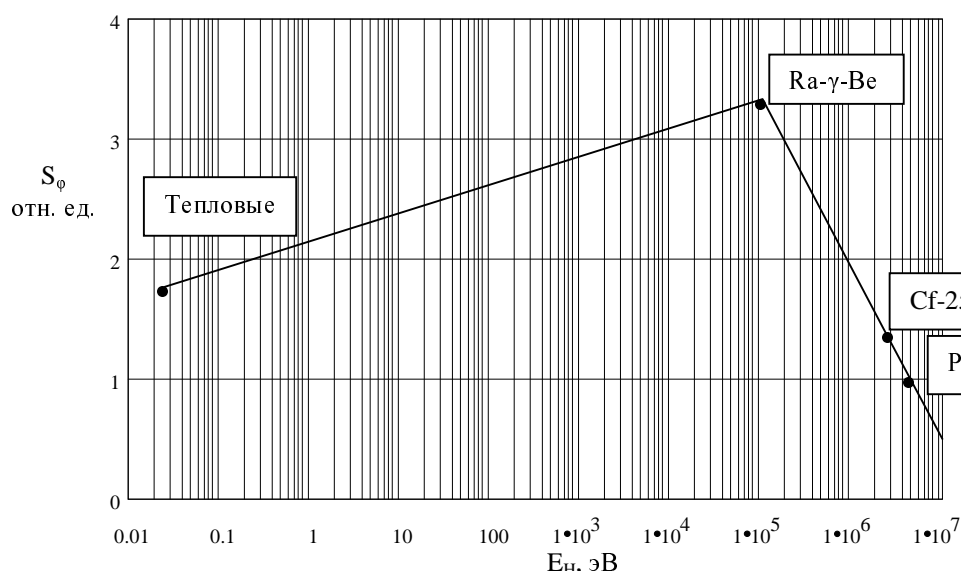




## Приложение В Зависимости чувствительности БДКН-01 от энергии нейтронного излучения

**Таблица В.1** Относительные коэффициенты чувствительности БДКН-01

Источник нейтронов с энергией $E_H$	Относительный коэффициент чувствительности	
	Плотность потока	Мощность амбиентной дозы
Тепловые, $E_H = 0,025$ эВ	$1,77 \pm 0,35$	$63,5 \pm 12,7$
Ra- $\gamma$ -Be, $E_H = 100$ кэВ	$3,34 \pm 0,67$	$16,3 \pm 3,3$
Cf-252, $E_H = 2,13$ МэВ	$1,44 \pm 0,29$	$1,61 \pm 0,32$
Pu- $\alpha$ -Be, $E_H = 4,5$ МэВ	1,00	1,00



**Рисунок В.1** - Зависимость чувствительности  $S_\phi$  в режиме измерения плотности потока от энергии нейтронного излучения

На рисунке В.1 изображена зависимость чувствительности  $S_\phi$  БДКН-01 в режиме измерения плотности потока от энергии нейтронного излучения, полученная по формуле

$$S_\phi = \frac{I(E_H)}{\phi(E_H)} \cdot \frac{I_{Pu}}{\phi_{Pu}}, \quad (B.1)$$

где  $I(E_H)$  – скорость счёта импульсов БДКН-01 для источника нейтронов с энергией  $E_H$ ,  $c^{-1}$ ;

$\phi(E_H)$  – плотность потока нейтронного излучения с энергией  $E_H$ , нейтронов/с·см<sup>2</sup>;

$I_{Pu}$  – скорость счёта импульсов БДКН для плутоний-бериллиевого источника нейтронов,  $c^{-1}$ ;

$\phi_{Pu}$  – плотность потока нейтронного излучения для плутоний-бериллиевого источника, нейтронов/с·см<sup>2</sup>.

**Приложение Г Зависимость чувствительности БДКН-01 от углов  
падения гамма- и нейтронного излучений относительно  
направления градуировки**

**Таблица Г.1**

Угол падения нейтронного излучения, градус	Зависимость чувствительности от угла падения излучения, %		
	Тип источника		
	для энергии 4,5 МэВ (Pu- $\alpha$ -Be источника быстрых нейтронов)	для энергии 2,13 МэВ ( $^{252}\text{Cf}$ )	для тепловых нейтронов
+15	-10	-10	-15
+30	-15	-20	-30
+45	-25	-35	-45
+60	-40	-55	-65
+75	-55	-65	-85
+90	-65	-75	-90
-15	-10	-10	-15
-30	-15	-20	-30
-45	-25	-35	-45
-60	-40	-55	-65
-75	-55	-65	-85
-90	-65	-75	-90