

## Руководство

по выполнению измерений с помощью АИ-4096  
и обработке данных

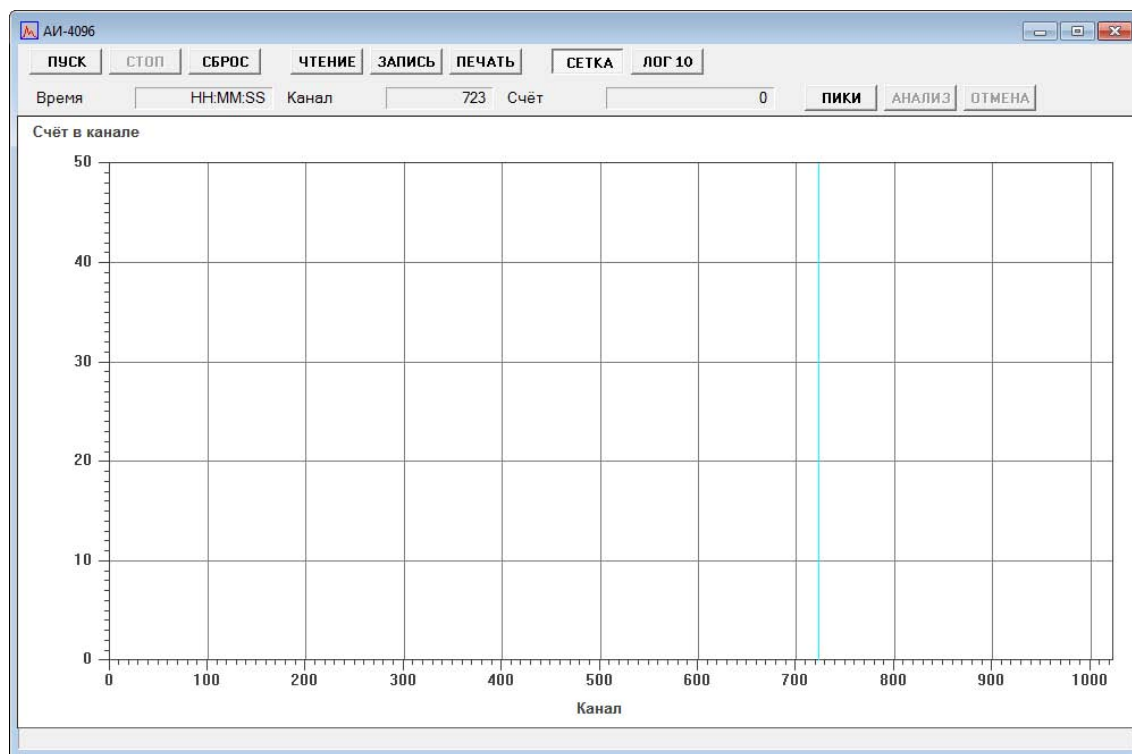
# Порядок выполнения измерений с помощью «АИ-4096»

1. Запустите программу АИ-4096, если она уже не запущена. Для этого дважды щелкните левой кнопкой мыши на иконке (на рабочем столе):



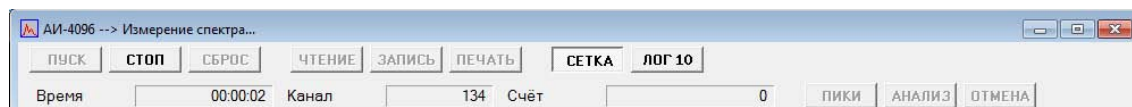
АИ-4096

2. Откроется окно программы:

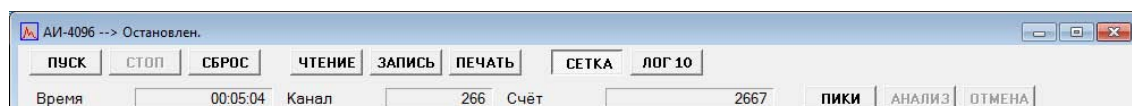


Сводка основных команд и режимов программы приведена в конце этого описания.

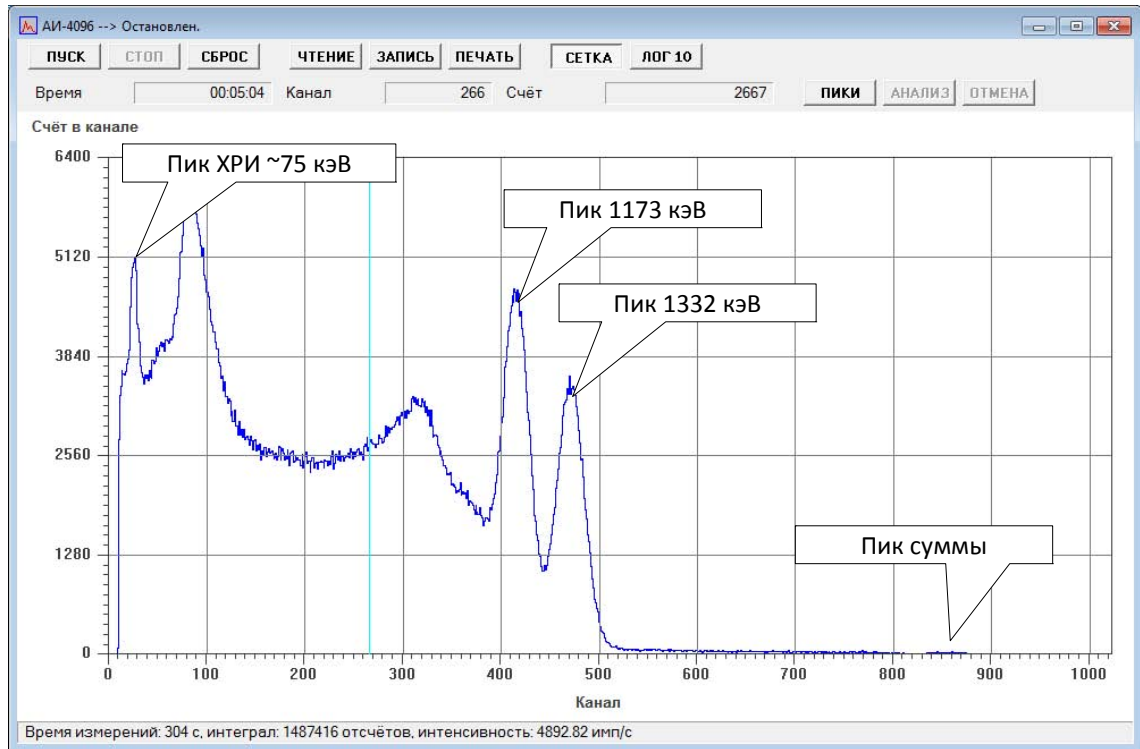
3. Нажмите кнопку «СБРОС», чтобы очистить память анализатора от предыдущего спектра. Чтобы начать измерение спектра, нажмите кнопку «ПУСК». Заголовок программы изменится на «АИ-4096 --> Измерение спектра...». В процессе измерения экран программы обновляется один раз в 2-3 секунды. Используйте кнопки на клавиатуре «↑» и «↓» для масштабирования спектра по вертикальной оси.



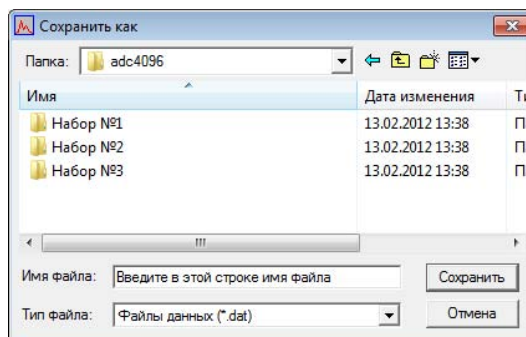
4. Для завершения набора спектра нажмите «СТОП». Дождитесь, пока в заголовке программы не появится слово «Остановлен». После этого программа загрузит из анализатора весь спектр.



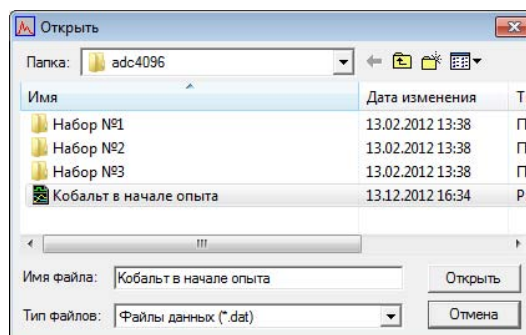
5. На экране появится измеренный спектр (здесь для примера показан спектр калибровочного радионуклида кобальт-60):



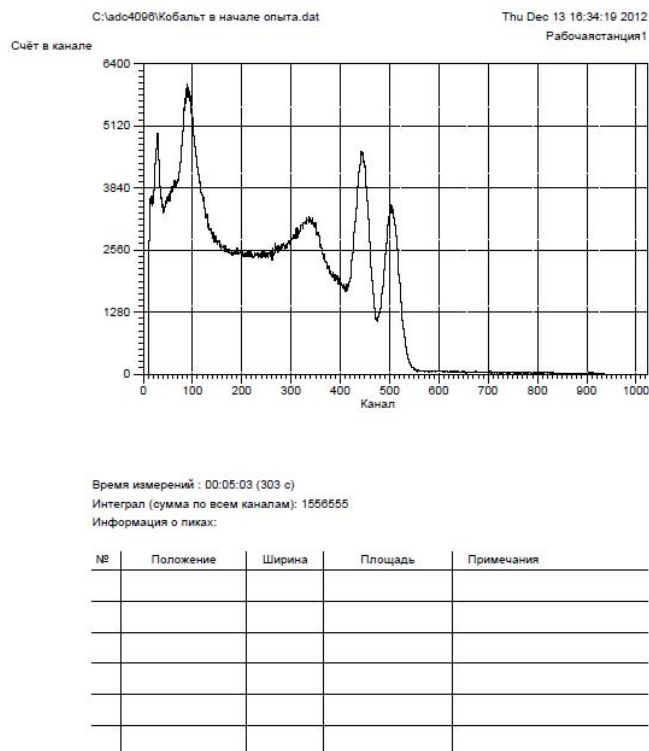
6. Если спектр не умещается на экране, используйте кнопки на клавиатуре «↑» и «↓» для масштабирования спектра по вертикальной оси. Следует так масштабировать спектр, чтобы полностью был виден самый интенсивный пик.
7. Сохраните спектр в файл на диске компьютера. Для этого нажмите кнопку «ЗАПИСЬ» и в появившемся окне задайте имя файла.



8. Позже, если что-то случится, Вы всегда сможете загрузить измеренный ранее спектр из файла. Для этого надо нажать кнопку «ЧТЕНИЕ» и в раскрывшемся окне выбрать требуемый файл:

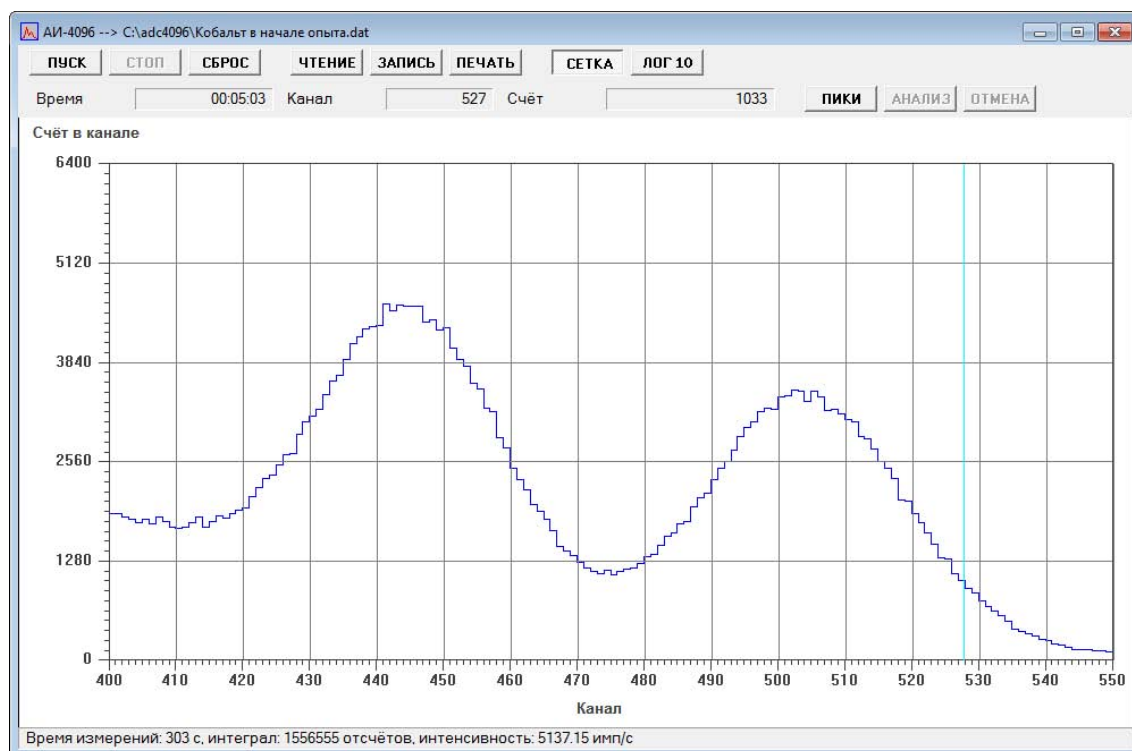


9. Распечатайте спектр на принтере. Для этого нажмите кнопку «ПЕЧАТЬ» и через некоторое время возьмите распечатанный лист из принтера. Пронумеруйте линии в спектре.

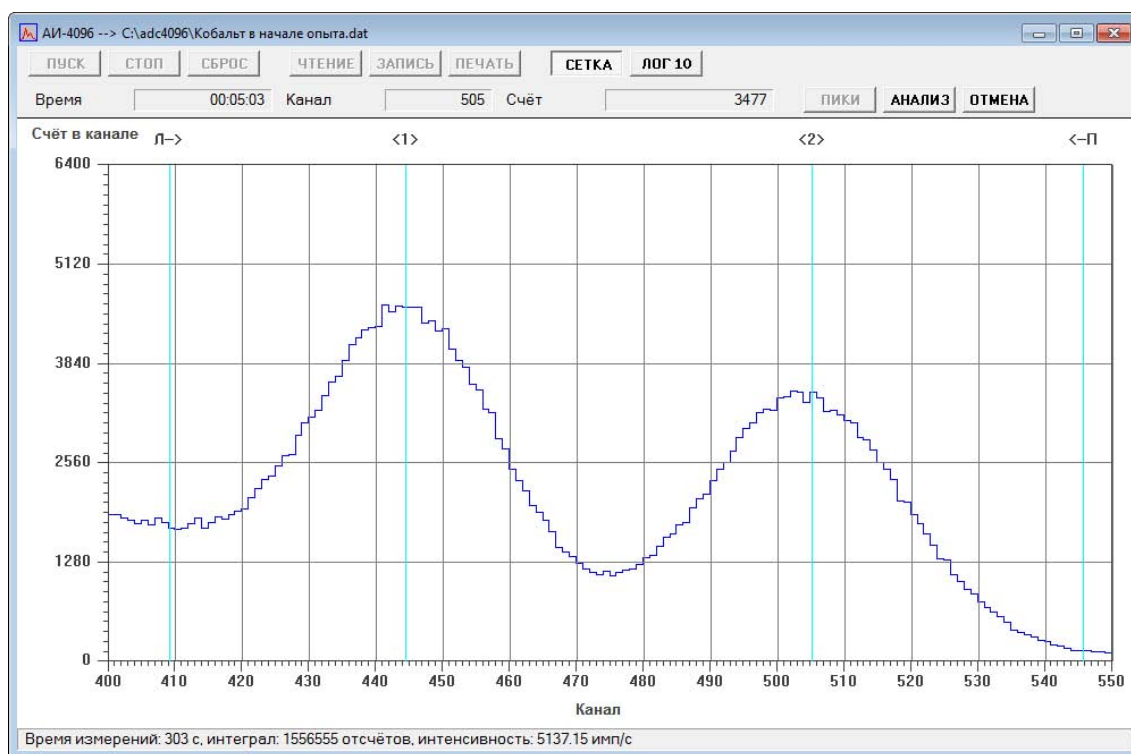


10. В спектре кобальта-60 следует обработать пики полного поглощения (1173 и 1332 кэВ), пик характеристического рентгеновского излучения (пик появляется, если детектор окружен свинцовой защитой) и пик суммы, который появляется вследствие одновременного попадания в кристалл гамма-квантов с энергиями 1173 и 1332 кэВ. Чтобы увидеть слабые пики, используйте кнопки на клавиатуре «↑» и «↓».

11. Выделите интересующую Вас область:

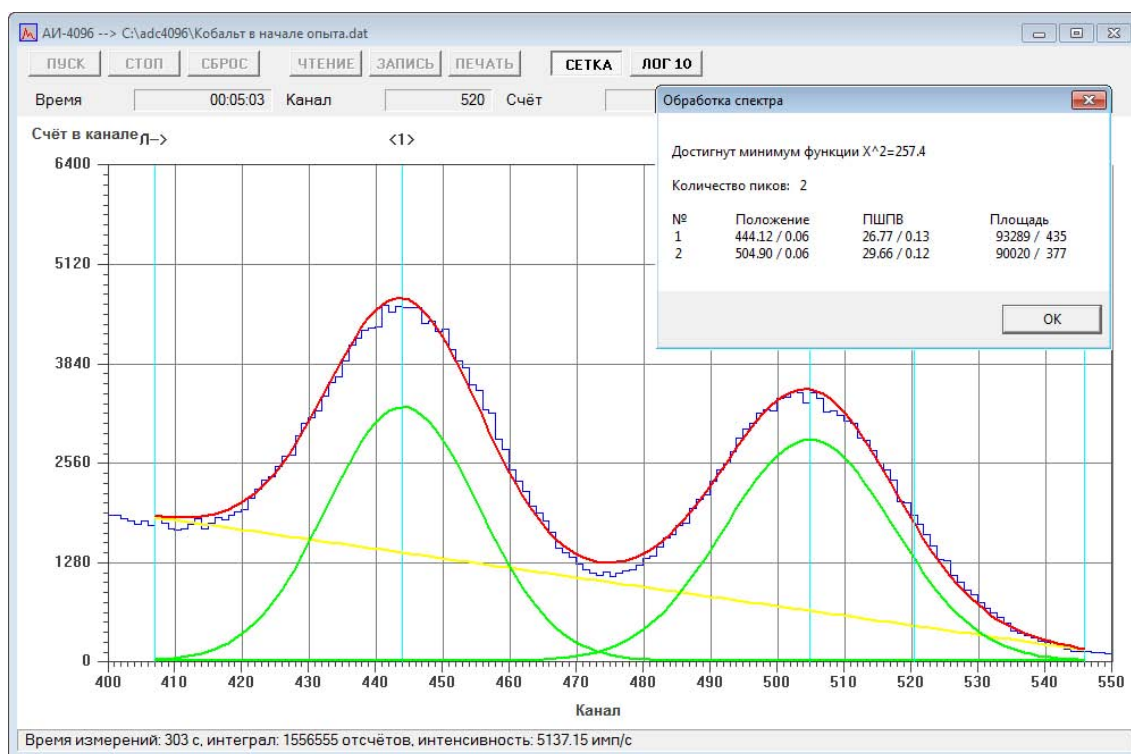


12. Нажмите кнопку «ПИКИ». Правильно выделите границы и пики, которые надо обработать:



Примеры правильного и неправильного выделения границ линий см. в конце этого описания.

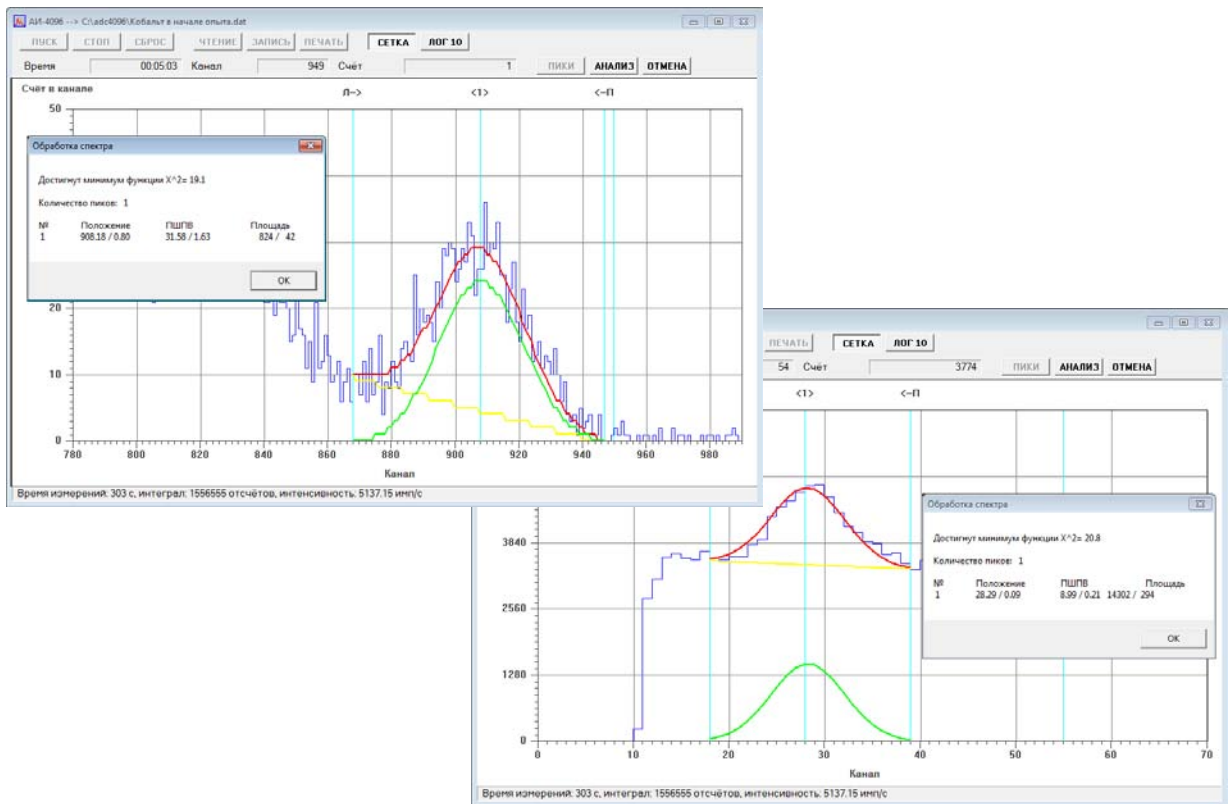
13. Нажмите кнопку «АНАЛИЗ». Появится окно с результатами обработки пиков (линий):



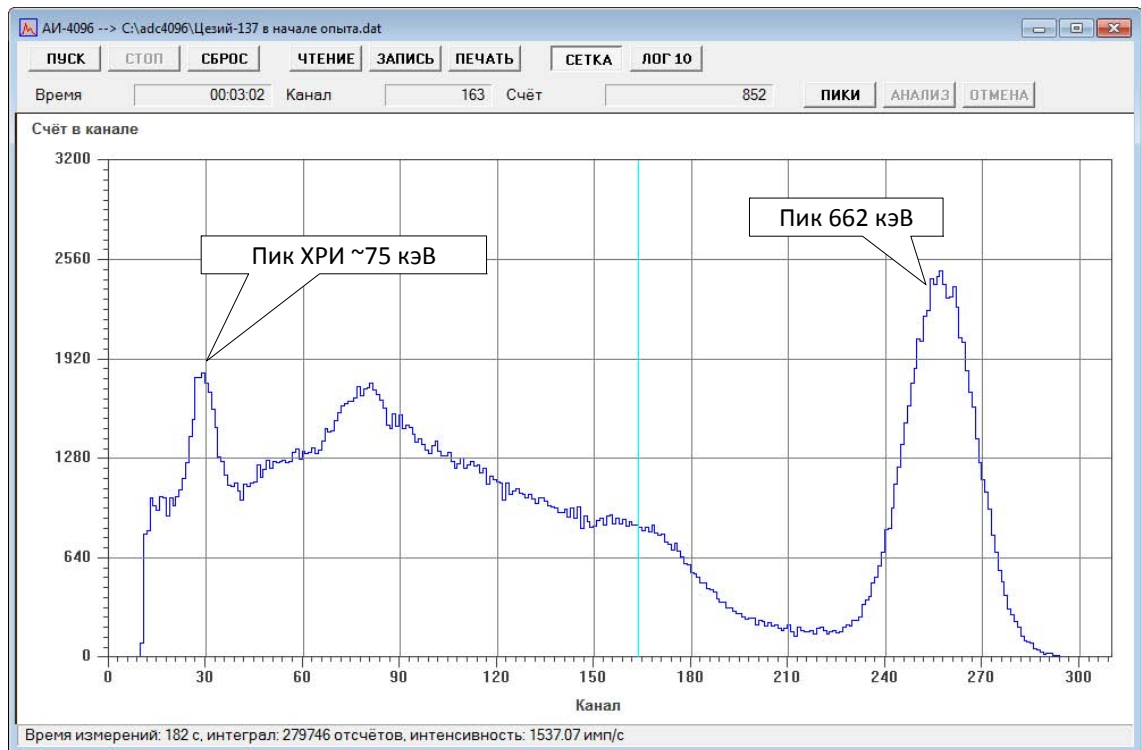
В окне «Обработка спектра» в таблице приведены номера, положения, ПШПВ и площади соответствующих пиков. Через наклонную черту даны погрешности вычисленных величин.

14. Результаты обработки (положение, полную ширину на полувысоте ПШПВ и площадь) следует записать в таблицу, которая находится на распечатанном ранее спектре (см. п. 9)

15. Аналогично обработайте линию ХРИ и пик суммы. Для этого увеличивайте или уменьшайте масштаб по оси отсчетов и выделяйте требуемую область:

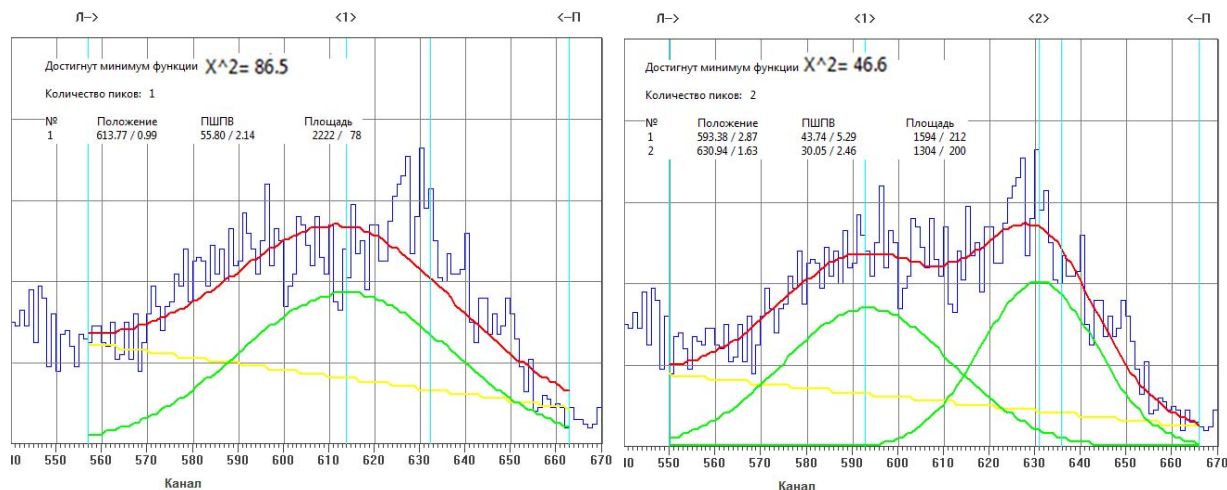


16. Установите другой калибровочный радионуклид (например, Цезий-137). Повторите пп.3-15. Обратите внимание, что пик ХРИ не сдвигается от спектра к спектру:



17. К настоящему моменту Вы измерили спектры калибровочных радионуклидов. Это были так называемые измерения до опыта.

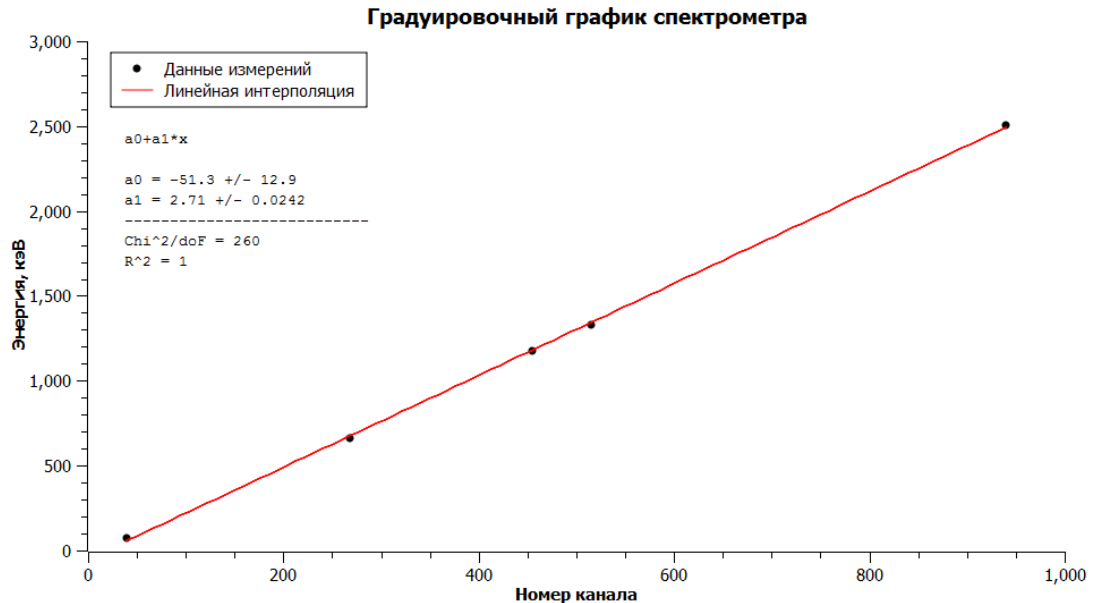
18. Опыт состоит в измерении спектров исследуемых радионуклидов. В этих спектрах следует обработать пик ХРИ и все пики полного поглощения. Пики полного поглощения могут сильно различаться по интенсивности, поэтому используйте кнопки на клавиатуре «↑» и «↓» для масштабирования спектра по вертикальной оси (оси отсчетов). В сложных спектрах пики, которые выглядят более широкими, могут являться мультиплетами, т. е. содержать две и более линий (например, пик полного поглощения и пик суммы от других линий или две рядом расположенные линии полного поглощения). Сравните качество подгонки спектра на следующих рисунках и обратите внимание на величину ошибки.



19. Сравните ширины пиков на этих рисунках с рисунками из пп.13 и 15. В любом случае надо стремиться сделать величину ошибки как можно меньше и всегда визуально контролировать качество подгонки. Однако не следует добавлять пики, если к тому нет достаточных оснований, даже если величина ошибки уменьшается. Ориентируйтесь на ширины полученных пиков.
20. В результате проделанных измерений у Вас должны быть распечатки спектров двух калибровочных радионуклидов и исследуемых радионуклидов. На распечатках должны быть указаны параметры пиков — положение, ширина, площадь. Также на распечатках указана величина интеграла, т. е. суммы всех зарегистрированных спектрометром импульсов. Эта величина потребуется для последующих вычислений.
21. Важно знать, насколько стабильно работает спектрометр, т. е. не изменились ли параметры спектрометра во время работы. Для этого надо повторить измерения с калибровочными радионуклидами. В этих спектрах (**измерения после опыта**) Вам следует определить только положение линий. Еще раз распечатывать спектры калибровочных радионуклидов не надо. Положения линий запишите в графу «**Примечания**». Положения пиков до и после опыта не должны сильно отличаться друг от друга. Для построения градуировочного графика спектрометра положение пиков калибровочных радионуклидов усредните.

# Построение градуировочного графика

1. Обычно для градуировки спектрометра используют линейную зависимость величины энергии  $E$  от номера канала  $x$ :

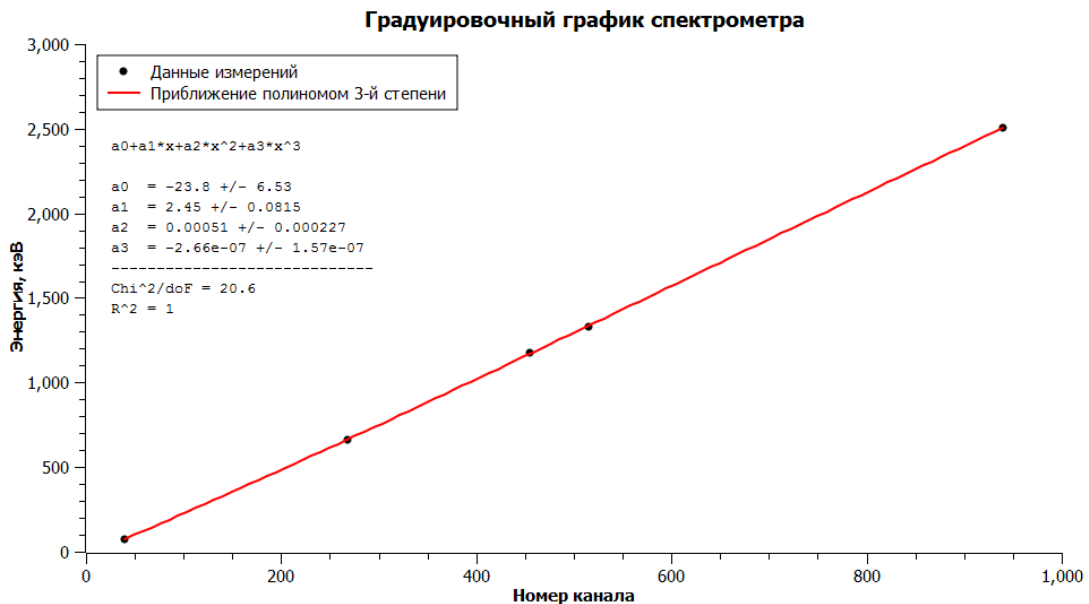


Здесь  $a_0$  — начальное смещение,  $a_1$  — цена канала спектрометра.

2. Для повышения точности результатов учитывают нелинейность спектрометрического тракта и используют квадратичную или даже кубическую зависимость  $E(x)$ :

$$E(x) = a_0 + a_1 \cdot x + a_2 \cdot x^2 + a_3 \cdot x^3,$$

где  $a_0$  — смещение нуля,  $a_1$  — цена канала спектрометра, а  $a_2$  и  $a_3$  описывают нелинейность спектрометрического тракта.



3. Для построения градуировочного графика следует использовать метод наименьших квадратов. В этом случае сразу можно оценить ошибку (см. величину  $\chi^2 / \text{dof}$  на рисунках). В крайнем случае можно соединить соседние точки на графике прямой линией.



# Сводка основных команд и режимов программы АИ-4096

№	Задача	Действия
1	Запуск набора спектра	Нажать кнопку «ПУСК»
2	Останов набора спектра	Нажать кнопку «СТОП»
3	Очистка памяти анализатора, сброс спектра	Нажать кнопку «СБРОС»
4	Чтение спектра из файла	Нажать кнопку «ЧТЕНИЕ», выбрать файл
5	Запись спектра в файла	Нажать кнопку «ЗАПИСЬ», указать имя файла
6	Печать спектра на принтере	Масштабировать интересующую область спектра или весь спектр, нажать кнопку «ПЕЧАТЬ»
7	Включение/выключение режима «Обработка пика»	Нажать/отжать кнопку «ПИКИ»
8	Масштабирование по оси отсчетов (вертикальная ось)	Нажимать на клавиатуре кнопки стрелка вверх «↑» и стрелка вниз «↓»
9	Масштабирование по оси каналов (горизонтальная ось), выделение пика или пиков	Выключить режим «Обработка пиков», установить репер в начало выделяемой области, нажать и удерживать левую кнопку мыши, двигать репер (мышь) вправо, по окончании выделения отпустить левую кнопку мыши
10	Показать весь спектр (все каналы)	Нажать и отпустить правую кнопку мыши или выключить режим «Обработка пиков» и дважды нажать левую кнопку мыши
11	Обработка пика	Выделить одиночный пик, включить режим «Обработка пиков», установить репер в начало пика (слева), нажать левую кнопку мыши, установить репер в конец пика (справа), нажать левую кнопку мыши, установить репер в максимуме пика и снова нажать левую кнопку; после того, как пик помечен тремя отметками Л→, <1> и ←П, нажать кнопку «АНАЛИЗ»
12	Обработка нескольких пиков или близко расположенных пиков (максимальное количество пиков — 3, максимальная ширина области — 400 каналов)	Выделить область интересующих пиков, включить режим «Обработка пиков», установить репер в начало области (слева), нажать левую кнопку мыши, установить репер в конец области (справа), нажать левую кнопку мыши, устанавливая по очереди репер в максимумах пиков и нажимать левую кнопку; после того, как линии помечены отметками Л→, <1>, <2>, <3> и ←П, нажать кнопку «АНАЛИЗ».

