

Э. ИЛЬВЕС

ОДНОКАНАЛЬНАЯ СЦИНТИЛЛЯЦИОННАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЕСТЕСТВЕННОГО РАДИОУГЛЕРОДА

Вскоре после разработки теоретических основ радиоуглеродного метода летончисления началось его широкое применение в археологии, четвертичной геологии и палеонтологии. В последнее время определение активности природного радиоуглерода нашло применение и при изучении некоторых проблем из области гео- и астрофизики. В связи с этим повысились и требования к точности и стабильности установок, предназначенных для регистрации природного C^{14} . Чтобы удовлетворить эти требования и в то же время увеличить пропускную способность лаборатории, была смонтирована дополнительная счетная установка и на ней проведен ряд методических исследований.

Блок-схема установки и краткая характеристика отдельных узлов

При выборе типа радиоуглеродной установки мы опять-таки остановились на одноканальном сцинтилляционном счетчике, поскольку имеющаяся установка данного типа (Лийва, Ильвес, 1963) в течение длительного срока эксплуатации себя вполне оправдала.

Блок-схема новой установки изображена на рис. 1.

Показатели сцинтилляционных установок (в особенности одноканальных), предназначенных для регистрации мягкого β -излучения, во многом зависят от качества применяемых фотоэлектронных умножителей (ФЭУ). В данной установке был применен 13-диодный ФЭУ фирмы «EMI», тип 9514 S/A, № 9716, амплитуда шумов которого, (выраженная в шкале

NaJ (Tl)) при рабочем напряжении 1000—1100 в и скорости счета 10 имп/мин составляет около 3,9 кэв (Лийва и др., 1966). Для светоизоляции и защиты от механических воздействий ФЭУ заключен в стальной кожух, в нижней части которого смонтирован делитель напряжения. Схема включения ФЭУ показана на рис. 2.

Защита ФЭУ и измеряемого препарата от космического излучения и от естественной радиоактивности в пространстве, окружающем счетчик, осуществлена при помощи комбинированной цилиндрической защиты из свинца и ртути (рис. 3). Толщина слоя свинца в защите 80 мм, за исключением донной части, где она 100 мм. Толщина слоя ртути 25 мм. Общий

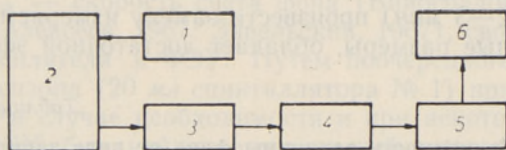


Рис. 1. Блок-схема установки. 1 — источник высокого напряжения; 2 — ФЭУ, защита; 3 — катодный повторитель; 4 — усилитель; 5 — анализатор; 6 — пересчетное устройство.

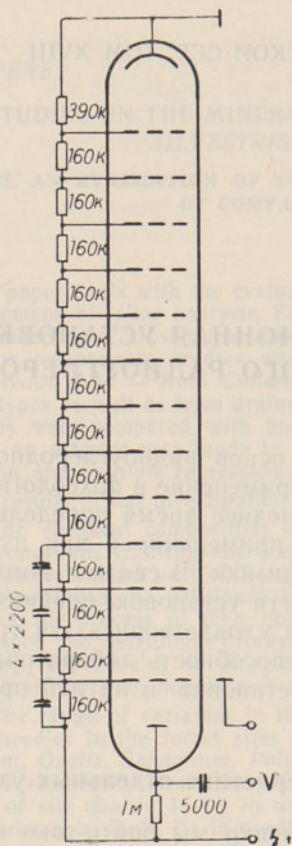


Рис. 2. Схема включения ФЭУ.

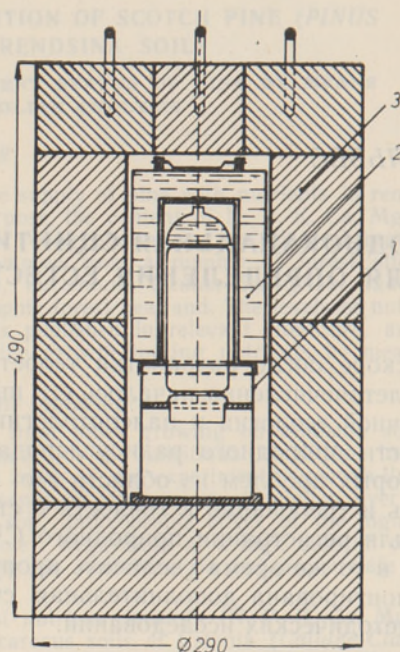


Рис. 3. Комбинированная цилиндрическая защита. 1 — стальной кожух с кюветой, ФЭУ и делителем напряжения; 2 — ртутный экран; 3 — свинец.

вес защиты 310 кг. Такая защита позволяет за короткое время (не более 2—3 мин) произвести замену измеряемых препаратов и, несмотря на малые размеры, обладает достаточной эффективностью (табл. 1).

Зависимость величины фона от вида защиты

Вид защиты	Величина фона, имп/мин	Кратность ослабления фона
Без защиты	322,53	—
Ртуть 25 мм	16,74	19,3
Свинец 80 мм	7,53	42,8
Ртуть 25 мм + свинец 80 мм	6,90	46,7

Таблица 1

Измерения проводились в счетном режиме, который будет описан ниже, с 20 мл фоновго препарата (сцинтиллятор № 1). В настоящей работе применяются сцинтилляторы двух составов (Пуннинг и др., 1966; Лийва и др., 1967): № 1 — РРО 4 г/л + РОРОР 0,1 г/л + нафталин 100 г/л + бензол 400 мг/л в м-ксилоле; № 2 — РРО 4 г/л + РОРОР 0,1 г/л в бензоле. При данном и по-

следующих измерениях применялись алюминиевые кюветы с окном из бескальевого стекла (Лийва, Ильвес, 1963).

Для питания ФЭУ применен стабилизированный выпрямитель высокого напряжения (тип А 212), выпускаемый фирмой «Intertechnique» (Франция). 17-позиционный ступенчатый переключатель и потенциометр тонкой

регулировки позволяют установить все значения напряжения в диапазоне от 500 до 1800 в. После 2-часовой работы источник поддерживает установленное напряжение с точностью 0,02%.

Усиление импульсов, поступающих с выхода ФЭУ, осуществлено неперегружаемым линейным усилителем А 261 фирмы «Intertechnique», максимальное усиление которого — 1500 раз. Ступенчатый переключатель позволяет выбирать значения усиления, соответствующие $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{16}$ долям максимального усиления. Нестабильность 0,6% от шкалы; нелинейные искажения составляют 0,25% при выходном напряжении до 80 в и 0,5% при выходном напряжении от 80 до 100 в.

В качестве согласующего элемента между ФЭУ и входом усилителя использован катодный повторитель типа Уайта, выполненный на лампе 6Н14П.

Для амплитудной селекции импульсов, поступающих из усилителя, применен одноканальный анализатор VA-W-01 фирмы «Vakutronik» (ГДР), работающий как в дифференциальном, так и в интегральном режиме. Нестабильность ширины окна в течение 8 ч равна $\pm 0,1$ в. После незначительных изменений в схеме стало возможным устанавливать, независимо один от другого, нижний порог в пределах от 0,3 до 10 в; верхний — от 10 до 100 в. В качестве пересчетного устройства использован прибор ПП-16*.

Для сглаживания возможных колебаний напряжения в сети все блоки установки питаются через стабилизатор типа ST 2000 (чехословацкого производства).

Счетные характеристики установки

Счетные характеристики одноканальной сцинтилляционной установки зависят от напряжения на ФЭУ, усиления усилителя и от значений нижнего и верхнего порогов анализатора. При заданных порогах анализатора выбор оптимального счетного режима, соответствующий максимальному значению отношения $N_o/\sqrt{N_\phi}$, где N_o — скорость счета «современного» углерода (после вычета фона), N_ϕ — скорость счета фона (Виноградов и др., 1961; Пуннинг и др., 1966; Алексеев, 1967; Завельский, 1967), сводится к согласованию усиления усилителя и ФЭУ. Путем поочередного замера стандартных препаратов бензола (20 мл сцинтиллятора № 1) при различных значениях усиления, а в случае необходимости и при некотором изменении напряжения на ФЭУ, был найден оптимальный счетный режим, согласно которому напряжение на ФЭУ — 1100 в, усиление усилителя — около 94 раз, нижний и верхний пороги анализатора — соответственно 8 и 58 в.

В установленном режиме были сняты дифференциальные спектры стандартных препаратов (20 мл сцинтиллятора № 1) (рис. 4) и произведены последующие измерения.

В табл. 2 приведены результаты измерения фона и чистого счета «современного» углерода для обоих сцинтилляторов в зависимости от объема сцинтиллятора. На основе полученных данных вычислены значения показателей качества, эффективности регистрации C^{14} при удельной активности «современного» углерода $14,24 \pm 0,07$ имп/мин (Karlén и др., 1964) и, наконец, величины максимально определяемых возрастов при критерии 4σ и 48-часовом периоде счета.

* После поставки пересчетного прибора VA-G-22 D вместо ПП-16 будет включено цифровое устройство VA-G-24 А.

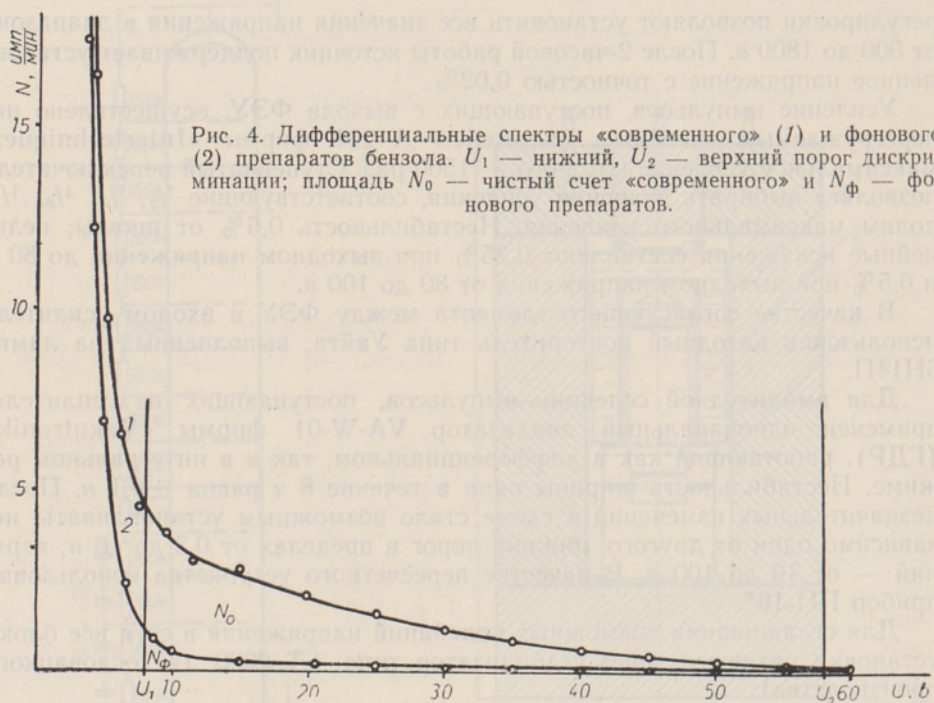


Таблица 2

Зависимость счетных характеристик от объема сцинтиллятора

Объем сцинтиллятора, мл	Содержание исследуемого углерода, г	Фон N_{Φ} , имп/мин	Чистый счет «современного» углерода N_0 , имп/мин	Показатель качества $N_0 / \sqrt{N_{\Phi}}$	Эффективность регистрации C^{14} , %	Максимально определяемый возраст, лет
-------------------------	-------------------------------------	--------------------------	---	---	--	---------------------------------------

Сцинтиллятор № 1

5	1,62	4,62	14,19	6,6	61,5	33100
10	3,25	5,44	27,94	12,0	60,3	38000
15	4,86	6,39	39,64	15,7	57,3	40000
20	6,49	6,90	53,50	20,4	57,9	42300
25	8,11	7,86	65,73	23,5	56,9	43500

Сцинтиллятор № 2

5	4,05	6,03	33,70	13,7	58,4	39000
10	8,11	6,77	65,65	25,2	56,8	44000
15	12,17	7,19	92,68	34,6	53,5	46600
20	16,23	7,55	121,37	44,2	52,5	48500
25	20,28	8,31	147,96	51,3	51,2	49800

Зависимость скорости счета фона, чистого счета «современного» углерода и значений максимально определяемого возраста от объема сцинтиллятора (№ 1 и 2) показана на рис. 5 и 6.

Данная установка работает стабильно и успешно применяется для серийных определений.

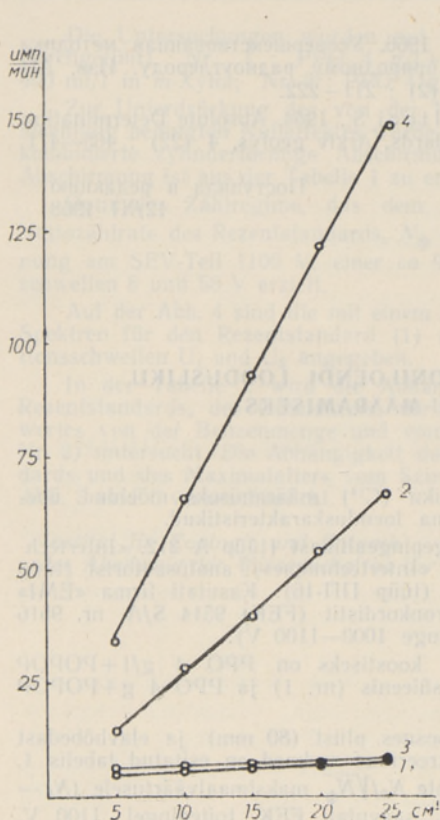


Рис. 5. Зависимость скорости счета фона и чистого счета «современного» препарата от объема сцинтиллятора. 1 и 2 — для сцинтиллятора № 1, 3 и 4 — для сцинтиллятора № 2.

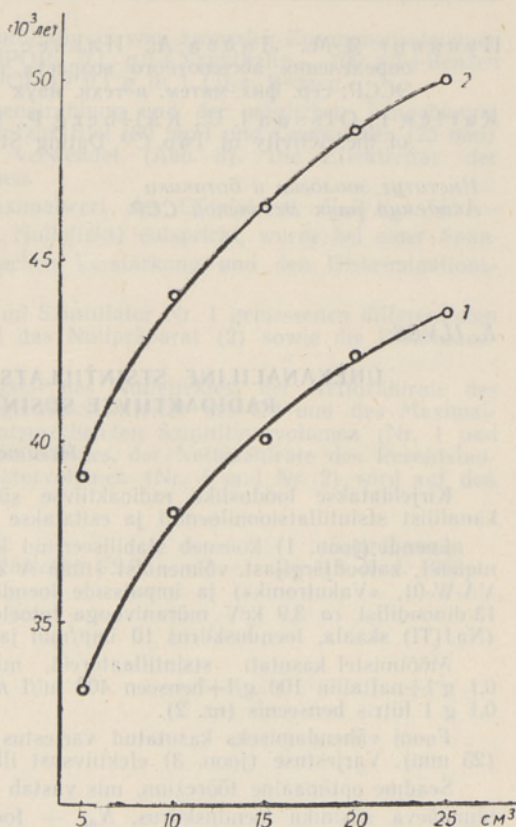


Рис. 6. Зависимость максимально определяемого возраста от объема сцинтиллятора № 1 (1) и № 2 (2).

ЛИТЕРАТУРА

- Алексеев В. А., 1967. Выбор оптимального режима регистрации C^{14} на сцинтилляционном счетчике при радиоуглеродном датировании. Бюллетень комиссии по определению абсолютного возраста, вып. VIII : 140—143. М.
- Виноградов А. П., Девириц А. Л., Добкина Э. И., Маркова Н. Г., Мартищенко Л. Г., 1961. Определение абсолютного возраста по C^{14} при помощи пропорционального счетчика. Изд. АН СССР, М.
- Завельский Ф. С., 1967. Двухканальная радиоуглеродная установка с контролем фона в процессе измерений. Бюллетень комиссии по определению абсолютного возраста, вып. VIII : 150—153. М.
- Лийва А. А., Ильвес Э. О., 1963. О работе радиоуглеродной лаборатории Института зоологии и ботаники Академии наук Эстонской ССР. В сб.: Абсолютная геохронология четвертичного периода : 19—22. М.
- Лийва А. А., Ильвес Э. О., 1963. Металлические кюветы для жидкостных сцинтилляционных счетчиков. Приборы и техника эксперимента (5) : 215—216.
- Лийва А., Ильвес Э. О., Пуннинг Я.-М., 1967. Некоторые методические вопросы развития сцинтилляционной техники счета природного радиоуглерода. В сб.: Бюллетень комиссии по определению возраста, вып. VIII : 147—149. М.
- Лийва А., Ильвес Э., Пуннинг Я.-М., 1966. Энергетический эквивалент собственных шумов некоторых фотоэлектронных умножителей. Изв. АН ЭССР, сер. физ.-матем. и техн. наук 15 (1) : 88—93.

- Пуннинг Я.-М., Лийва А., Ильвес Э., 1966. Усовершенствованная методика определения абсолютного возраста по природному радиоуглероду. Изв. АН ЭССР, сер. физ.-матем. и техн. наук 15 (2) : 211—222.
- Karlén I., Olsson I. U., Källberg P., Kilicci S., 1964. Absolute Determination of the Activity of Two C^{14} Dating Standards. Arkiv geofys. 4 (22) : 465—471.

Институт зоологии и ботаники
Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию
12/XI 1968

E. ILVES

ÜHEKANALILINE STSINTILLATSIOONILOENDI LOODUSLIKU RADIOAKTIIVSE SÜSINIKU MÄÄRAMISEKS

Resüme

Kirjeldatakse loodusliku radioaktiivse süsiniiku (C^{14}) määramiseks mõeldud ühekanalist stsintillatsiooniloendit ja esitatakse tema loenduskarakteristikud.

Loendi (joon. 1) koosneb stabiliseeritud kõrgepingeallikast (tüüp A 212, «Intertechnique»), katoodjärgijast, võimendist (tüüp A 261, «Intertechnique»), analüsaatorist (tüüp VA-W-01, «Vakutronik») ja impulsside loendist (tüüp ПП-16). Kasutati firma «EMI» 13-dinoodilist ca 3,9 keV müranivooga fotoelektronkordistit (FEK) 9514 S/A, nr. 9516 (NaJ(Tl) skaala, loenduskiirus 10 imp/min ja pinge 1000—1100 V).

Mõõtmistel kasutati stsintillaatoreid, mille koostiseks on PPO 4 g/l + POPOP 0,1 g/l + naftaliin 100 g/l + benseen 400 ml/l m-ksüleenis (nr. 1) ja PPO 4 g + POPOP 0,1 g l liitris benseenis (nr. 2).

Fooni vähendamiseks kasutatud varjestus koosneb pliiist (80 mm) ja elavhõbedast (25 mm). Varjestuse (joon. 3) efektiivsust illustreerivad andmed on esitatud tabelis 1.

Seadme optimaalne töörežiim, mis vastab suhte $N_0/\sqrt{N_\Phi}$ maksimaalväärtusele (N_0 — tänapäeva süsiniiku loenduskiirus, N_Φ — foon), saavutati FEK toitepingel 1100 V, ca 94-kordsel võimendusel ja diskriminatsioonilävedel 8 ja 58 V.

Esitatakse tänapäevase (1) ja foonpreparaadi (2) diferentsiaalsed spektrid (20 ml stsintillaatorit nr. 1) ja diskriminatsioonilävede U_1 ja U_2 asetus nende suhtes (joon. 4).

Tuakse ära fooni, tänapäevase süsiniiku loenduskiiruse, maksimaalselt määratava vanuse jt. sõltuvused benseeni ja sellele vastava stsintillaatori (nr. 1 ja nr. 2) kogusest (tab. 2) ning esitatakse need sõltuvused graafiliselt (joon. 5 ja 6).

Eesti NSV Teaduste Akadeemia
Zooloogia ja Botaanika Instituut

Saabus toimetusse
12. XI 1968

E. ILVES

EINKANAL-SZINTILLATIONSZÄHLER ZUR BESTIMMUNG DES NATUR-RADIOKOHLENSTOFFES

Zusammenfassung

In vorliegendem Artikel wird eine neue Meßanordnung (Einkanal-Szintillationszähler) zur Bestimmung energiearmer β -Strahlung geringer Intensität (C^{14}) kurz beschrieben und charakterisiert.

Die Meßanordnung (Abb. 1) wurde aus einem elektronenstabilisierten Hochspannungsgerät (Typ A 212, «Intertechnique»), einem Vorverstärker, einem Hauptverstärker (Typ A 261, «Intertechnique»), einem Analysator (Typ VA-W-01, «Vakutronik»), und einem Impulsszähler (Typ ПП-16) zusammengestellt.

Es wurde ein Sekundärelektronen-Vervielfacher (SEV) der Firma EMI 9514 S/A, Nr. 9516 verwendet, dessen energetisches Äquivalent des Rauschpegels, in der Skala NaJ(Tl) ausgedrückt, bei der Zählrate 10 Imp. pro Minute und 1000—1100 V Spannung am SEV ca 3,9 KeV beträgt. Das Schalt-schema des SEV-s ist auf der Abb. 2 dargestellt.

Die Untersuchungen wurden mit Szintillatoren von zweierlei Zusammensetzungen durchgeführt. Nr. 1 : PPO 4 g/l+POPOP 0,1 g/l+Naphthalin 100 g/l+Benzen 400 ml/l in *m*-Xylol; Nr. 2 : PPO 4 g+POPOP 0,1 g in 1 Liter Benzen.

Zur Unterdrückung des von der Höhenstrahlung und der möglichen Umgebungsstrahlung bedingten Nulleffektes wurde eine aus Blei (80 mm) und Quecksilber (25 mm) kombinierte zylinderförmige Abschirmung verwendet (Abb. 3). Die Effektivität der Abschirmung ist aus der Tabelle 1 zu ersehen.

Optimales Zählregime, das dem Maximalwert des Gütefaktors $N_0/\sqrt{N_\Phi}$ (N_0 — Nettozählrate des Rezentstandards, N_Φ — Nulleffekt) entspricht, wurde bei einer Spannung am SEV-Teil 1100 V, einer ca 94-fachen Verstärkung und den Diskriminationsschwellen 8 und 58 V erzielt.

Auf der Abb. 4 sind die mit einem 20 ml Szintillator Nr. 1 gemessenen differentialen Spektren für den Rezentstandard (1) und das Nullpräparat (2) sowie die Diskriminationsschwellen U_1 und U_2 angegeben.

In der Tabelle 2 wird die Abhängigkeit des Nulleffektes, der Nettozählrate des Rezentstandards, des Gütefaktors, der Registriereffektivität des C^{14} und des Maximalwertes von der Benzenmenge und vom entsprechenden Szintillatorvolumen (Nr. 1 und Nr. 2) untersucht. Die Abhängigkeit des Nulleffektes, der Nettozählrate des Rezentstandards und des Maximalalters vom Szintillatorvolumen (Nr. 1 und Nr. 2) wird auf den Abb. 5 und 6 veranschaulicht.

Institut für Zoologie und Botanik
der Akademie der Wissenschaften der Estnischen SSR

Eingegangen
am 12. Nov. 1968