

УДК 611—018.54:531.3:616—073

И. О. Павленко, А. Т. Рудчик, Я. И. Серкиз

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ХЕМИЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ КРИВЫХ ПЛАЗМЫ КРОВИ ЖИВОТНЫХ

Как известно, регистрация сверхслабого свечения осуществляется с помощью фотоэлектронного умножителя [5]. Обычно при регистрации сверхслабого свечения с самопишущего устройства снимается зависимость интенсивности от времени в виде кривых, отражающих кинетику процесса перекисного окисления субстрата [3].

Для обработки таких кривых (рис. 1) нами разработан метод кинетических хемилюминесцентных характеристик (КХХ) [4]. С его помощью можно вычислить семь пара-

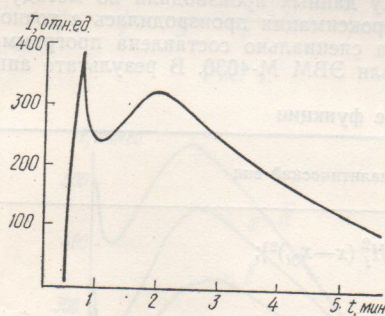


Рис. 1. Типичная кинетика хемилюминесценции плазмы крови intactных животных (крыс).

По горизонтали — время реакции перекисного окисления (мин); по вертикали — интенсивность свечения (отн. ед.).

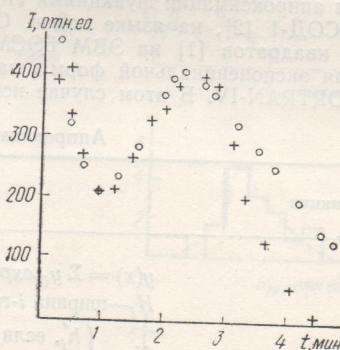


Рис. 2. Приближение функцией Лоренца.

Кружочек — экспериментальная кривая, крестик — теоретическая. Остальные обозначения см. рис. 1.

метров сверхслабого свечения, характеризующих кинетику этого процесса. Метод КХХ, однако, имеет ряд недостатков: необходимость обработки кривых вручную, что требует большой затраты времени; невысокая точность определения экстремальных значений кривой; небольшое количество определяемых параметров и др.

В связи с этим нами предложен усовершенствованный метод обработки хемилюминесцентных кривых с использованием электронно-вычислительной машины (ЭВМ).

Работы по применению ЭВМ для анализа различных зависимостей проводились и ранее. Например, в ядерной физике широко используются стандартные программы, созданные специально для обработки спектров α , β , γ и других видов излучения; для исследования энергетических спектров продуктов всевозможных ядерных реакций [2] и др.

Мы изучали возможности аппроксимации кривых хемилюминесценции с помощью стандартных функций с минимальным числом параметров для установления границ колебания параметров, характеризующих кинетику сверхслабого свечения плазмы крови intactных животных. В дальнейшем с установлением таких границ для параметров кинетики сверхслабого свечения плазмы крови животных при наличии патологического процесса можно было бы использовать данный метод в качестве теста для характеристики функционального состояния биологических объектов (животных, человека).

Методика исследований

Исследовали временные зависимости интенсивности свечения 0,1 мл плазмы крови после добавления 0,5 мл 3 % раствора H_2O_2 . Эксперимент выполнен на 20 белых беспородных крысах-самцах. Кровь у животных получали декапитацией.

На начальном этапе обработки таких кривых был произведен выбор аналитической функции, отражающей кинетику хемилюминесценции, получаемой на самопишущем

приборе. Для этого было апробировано множество различных аналитических функций. После тщательного анализа их в качестве рабочих были выбраны экспоненциальная функция и функции Лоренца и Гаусса (см. таблицу). В дальнейшем каждую экспериментальную кривую обрабатывали и вводили данные в ЭВМ. При этом вводили дополнительные данные: число точек спектра, общее количество параметров, число фиксированных параметров, минимальное количество уточнений, массив аргументов, массив экспериментальных данных, массив погрешностей экспериментальных данных и др.

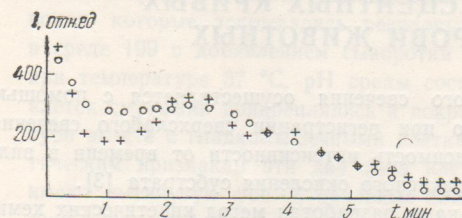


Рис. 3. Приближение экспоненциальной формой.

Обозначения см. рис. 1 и 2.

При аппроксимации функциями Лоренца и Гаусса использовали стандартные программы СОД-1 [2], на языке кодов. Обработку данных производили по методу наименьших квадратов [1] на ЭВМ БЭСМ-4. Аппроксимация производилась с точностью 5 %. Для экспоненциальной формы нами была специально составлена программа на языке FORTRAN-IV. В этом случае использовали ЭВМ М-4030. В результате аппрок-

Аппроксимирующие функции

Функция	Аналитический вид
Гаусса	$y(x) = \sum y_{0i} \exp [-\ln 2 / H_i^2 (x - x_{0i})^2];$ $H_i - \text{ширина } i\text{-го пика,}$ $H_i = \begin{cases} h'_i, & \text{если } x < x_{0i}, \\ h''_i, & \text{если } x > x_{0i}. \end{cases}$
Лоренца	$y(x) = \sum y_0 \frac{H_i}{2} \frac{\frac{H_i}{2} + 2 a_i (x - x_{0i})^2}{\frac{H_i^2}{2} + (x - x_{0i})^2};$ $a - \text{асимметрия пика,}$ $y_{0i} - \text{значение функции в точке } x = x_{0i}.$
Экспоненциальная форма	$f(x) = f_1(x) + f_2(x);$ $f_1(x) = y_1 \exp \left(-\ln 2 \frac{x_2 - x_1}{h_1} \right),$ $f_2(x) = \begin{cases} y_2 \exp \left(-\ln 2 \frac{x_2 - x}{h_1'} \right), & \text{если } x < x_2, \\ y_2 \exp \left(-\ln 2 \frac{x - x_2}{h_2''} \right), & \text{если } x \geq x_2. \end{cases}$

симации указанными функциями экспериментальных кривых оказалось, что приближение функцией Лоренца (рис. 2) и экспоненциальной формой (рис. 3) является неудовлетворительным, так как в первом случае недостаточно точно описывались пологие участки кривой, а во втором — экстремальные. При использовании функции Гаусса исходную кривую хемилюминесценции рассматривали как сумму двух гауссианов. В этом случае наблюдали наиболее удовлетворительное приближение на всех участках кривой, и только на конечном участке, так называемом «хвосте» кривой, отмечено расхождение теоретических данных с экспериментальными (рис. 4, а). Для устранения такого расхождения мы решили ввести в эту область третий пик. После обработки на ЭВМ с учетом трех гауссианов получена наиболее полная аппроксимация теоретической кривой экспериментальной (рис. 4, б).

Результаты исследований и их обсуждение

После обработки кривых хемилюминесценции на ЭВМ мы получили распечатку, на которой были обозначены экспериментальная и теоретическая кривые свечения плазмы крови отдельно для каждого животного. Кроме того, с помощью ЭВМ получили

дополнительные данные: площадь под каждой кривой (число — 70) и количество точек от интенсивности свечения.

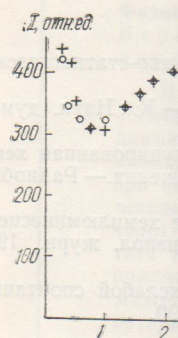


Рис. 4. Приближение экспоненциальной формой.

Рис. 5. Группы (I, II) милюминесценции плазмы крови.

Рис. 6. Распределение интенсивности свечения плазмы крови.

Сверху вниз — правая, средняя, левая полуширина второго пика. Числа — значения данного параметра.

крови у интактных животных. При этом необходимо учитывать, что при облучении животных необходимо учитывать площадь облученной поверхности. С целью выяснения особенностей полученных в результате исследований гистограмм свечения плазмы крови, как асимметричных, под ними (S_1 , S_2 , S_3 , $h_{зд}$) нами отмечена деления (рис. 6).

Таким образом, полученные данные позволяют определить пределы колебаний интенсивности свечения плазмы крови, определяющие при этом состояние животных и при на-

дополнительные данные: координаты трех пиков, их левую и правую полуширины и площадь под каждым пиком. Изученные нами экспериментальные кривые (исходное количество—70) были разделены на четыре условные группы (рис. 5) в зависимости от интенсивности свечения. Из этого следует, что параметры кинетики свечения плазмы

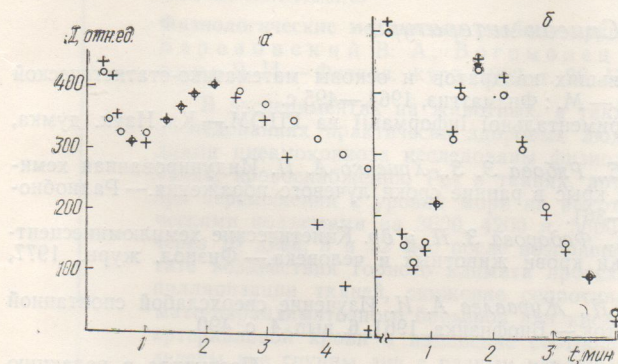


Рис. 4.

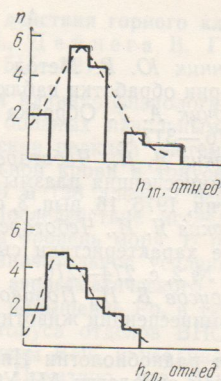


Рис. 5.

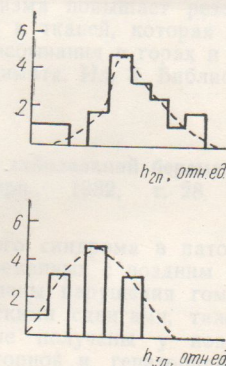


Рис. 6.

Рис. 4. Приближение функцией Гаусса с учетом двух пиков (а), трех пиков (б).
Обозначения см. рис. 1 и 2.

Рис. 5. Группы (I, II, III, IV) intactных животных при условном делении кривых хемилюминесценции плазмы крови по их характерным пределам колебаний величин свечения.

Обозначения см. рис. 1.

Рис. 6. Распределение некоторых параметров сверхслабого свечения.

Сверху вниз — правая полуширина первого пика; — левая полуширина второго пика; — правая полуширина второго пика; — левая полуширина третьего пика. По горизонтали — пределы нахождения данного параметра (отн. ед.); по вертикали — количество кривых, имеющих параметр, который входит в тот или иной предел.

крови у intactных животных имеют значительный вариационный размах. Этот факт необходимо учитывать при идентификации хемилюминесцентных кривых intactных и облученных животных.

С целью выяснения закономерности распределения каждого из 15 параметров, полученных в результате обработки хемилюминесцентных кривых на ЭВМ, были построены гистограммы. Результаты анализа их показали, что в распределении таких характеристик, как абсциссы (X_1, X_2, X_3), ординаты (Y_1, Y_2, Y_3) трех пиков и площадей под ними (S_1, S_2, S_3) закономерности не наблюдается. Для полуширин пиков ($h_{1п}, h_{2п}, h_{3п}$) нами отмечена определенная закономерность, имеющая вид нормального распределения (рис. 6).

Таким образом, результаты проведенной работы позволяют установить характерные пределы колебания каждого параметра, что дает возможность выделить их как определяющие при идентификации кривых хемилюминесценции плазмы крови intactных животных и при наличии патологических процессов. Такой идентификации должна

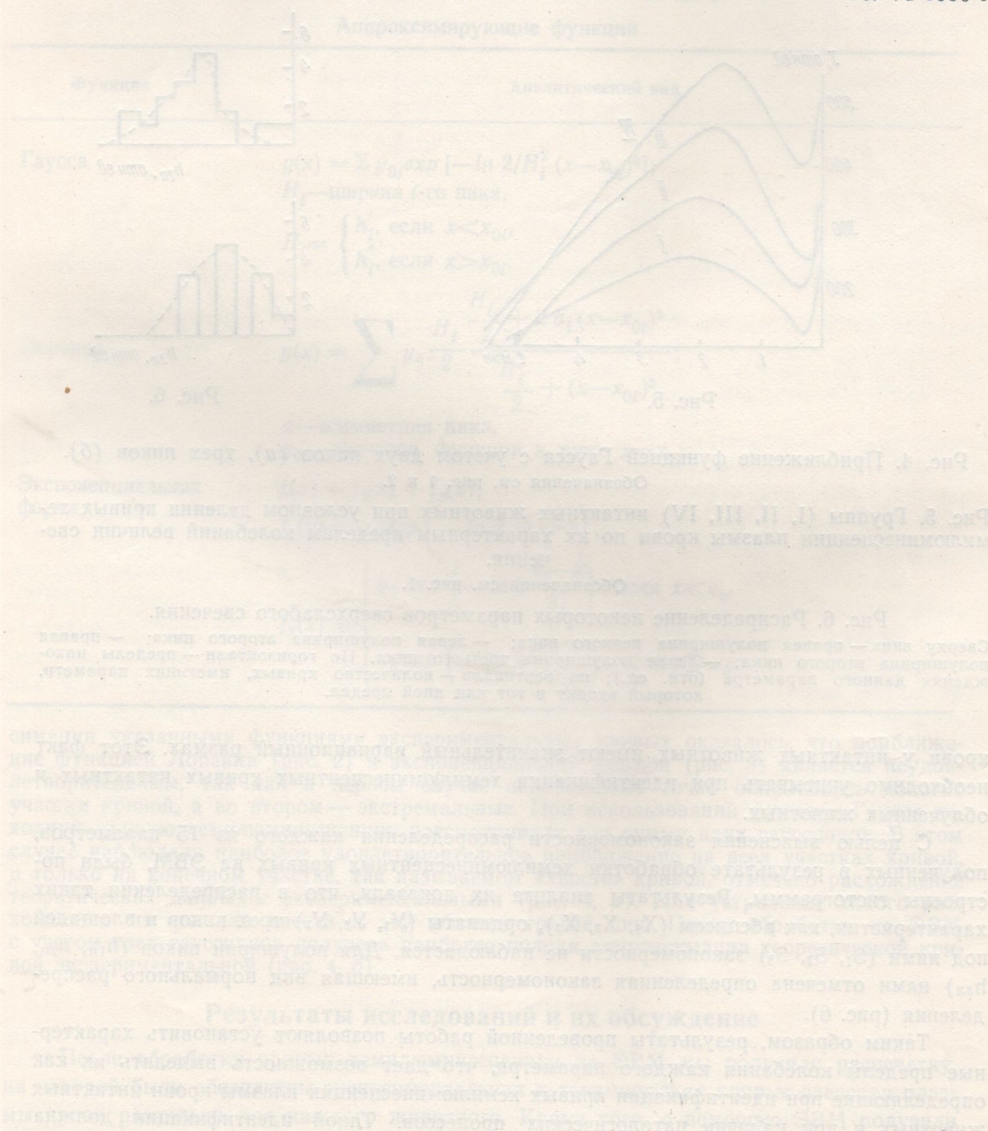
предшествовать аналогичная обработка на ЭВМ кривых сверхслабого свечения плазмы крови с дальнейшим построением гистограмм у животных при действии на них различных факторов и развития конкретного патологического процесса.

Список литературы

1. Линник Ю. В. Метод наименьших квадратов и основы математико-статистической теории обработки наблюдений.— М.: Физматгиз, 1964.—495 с.
2. Рудчик А. Т. Обробка експериментальної інформації на ЕЦОМ.— К.: Наук. думка, 1976.—317 с.
3. Серкиз Я. И., Чеботарев Е. Е., Рябова Э. З., Хриенко А. П. Индуцированная хемилюминесценция плазмы крови крыс в ранние сроки лучевого поражения.— Радиобиология, 1976, 16, вып. 3, с. 357—361.
4. Серкиз Я. И., Чеботарев Е. Е., Федорова З. П. и др. Кинетические хемилюминесцентные характеристики сыворотки крови животных и человека.— Физиол. журн., 1977, 23, № 2, с. 274—276.
5. Тарусов Б. Н., Поливода А. И., Журавлев А. И. Изучение сверхслабой спонтанной люминесценции животных клеток.— Биофизика, 1961, 6, вып. 4, с. 490.

Отдел радиобиологии Института
проблем онкологии АН УССР, Киев

Поступила в редакцию
16. VI 1980 г.



уд
Физи
Бер
сара
В
обле
диям
хания
при
чески
через
тате
пиля
мато-
артер
деле
динам
нальн
мощн
няется
в осно

УДК 6
Значен
ребен
с. 522

Пр
ряда
козом
зиса
патоло
денны
систем

УДК 61
Патоф
плода
т. 28.

Пр
гипокс
и нове
льной
качеств
голода
роцирк
процес
ческих
для ле
Табл. 1

УДК 61
Кровот
цев С
т. 28,

На
хияльн
различ
нации
бронхи
сопроти
альных
коплен