

Г. М. АВАКЯН, Ц. М. АВАКЯН

РАДИОХЕМИЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ В АТМОСФЕРЕ АЗОТА

В основе природы квантовых процессов сверхслабого свечения (ССС) биологических организмов лежат окислительные процессы [3, 5]. Информационный язык при этом обусловлен интенсивностью, спектром и кинетикой СССР. Радиохемилюминесценция также связана с процессами окисления и отражает характер индуцированных свободнорадикальных процессов при действии ионизирующих излучений. Одной из основных проблем радиобиологии является исследование кислородного эффекта, который тесно связан с первичными процессами радиационного поражения [4]. Немаловажную роль при исследовании радиобиологических процессов может играть регистрация радиохемилюминесценции. Однако при этом может возникнуть ряд сложностей методического характера, обсуждение которых мы считаем весьма полезным.

Обычно в экспериментах с кислородом контролем служат опыты в вакууме или азоте. Однако известно, что при действии ионизирующего излучения на смеси азота с кислородом образуются окислы, а в присутствии воды — азотная кислота.

Цель этой работы — оценить информационную способность радиохемилюминесценции, заключающуюся в резком возрастании интенсивности свечения корешков гороха при облучении рентгеновскими лучами в атмосфере азота.

Материал и методы. Объектом исследований служили корешки четырехдневных проростков гороха сорта Виктория. После 12-часового вымачивания в водопроводной воде семена выращивались на смоченной водой фильтровальной бумаге в термостате при температуре 25°C в течение четырех суток.

В опытах был использован сжиженный азот с примесью не более чем 0,1% кислорода.

ССС регистрировалось по методике, описанной ранее [1].

Результаты и обсуждение. На рис. 1 представлена квантограмма корешков гороха при продувке азотом и последующей повторной подаче воздуха.

Продувка производилась под давлением 1,2 атм. азота. Интенсивность свечения в присутствии воздуха составляла $26 \cdot 10^3$ имп/мин (среднее из десяти измерений — $24 \cdot 10^3$ имп/мин). С повторной подачей воздуха в измерительную камеру свечение восстанавливалось — что свидетельствует о том, что необратимых изменений в корешках (или во всяком случае в люминесцирующей системе корешков) в течение эксперимента не происходило. Такие же результаты были получены при замене

азота гелием. При давлениях до 10 атм. не отмечалось влияния азота на интенсивность свечения, поэтому дальнейшие эксперименты были проведены при 1,2 атм.

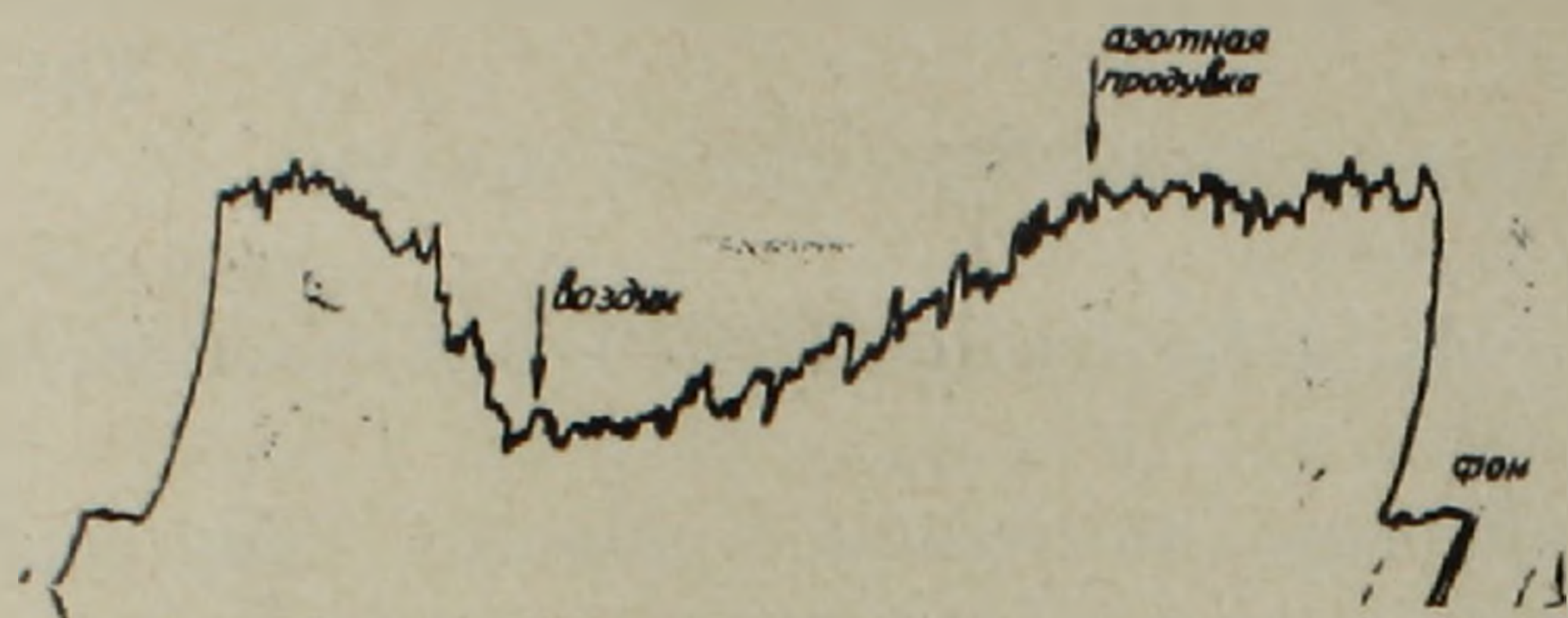


Рис. 1. Квантограмма корешков гороха. Стрелками указаны моменты начала азотной продувки и повторной подачи воздуха в измерительную камеру.

Непосредственно после облучения наблюдается резкое повышение интенсивности свечения (рис. 2). В присутствии кислорода это можно было бы объяснить, кроме высвечивания метастабильных триплетных уровней (фосфоресценция), рекомбинацией перекисей и перекисных ра-

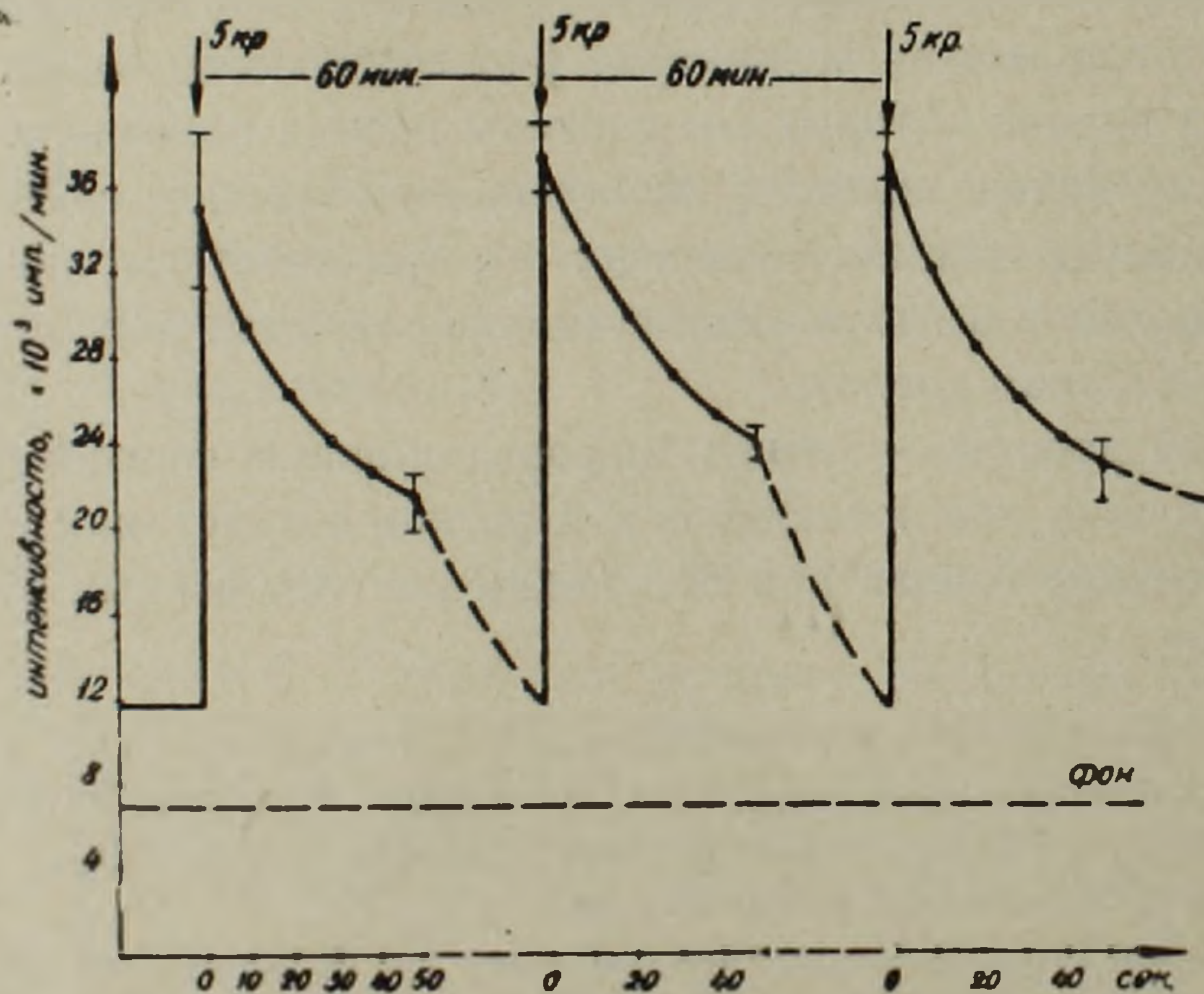


Рис. 2. Свечение корешков в атмосфере азота при многократном облучении. Время, обозначенное стрелками, соответствует длительности облучения.

дикалов [7] (хемилюминесценция). В нашем же случае, т. е. при облучении корешков в атмосфере азота, если такие реакции и имеют место, то за счет малых количеств кислорода, который образуется при радиолизе воды и вносится в камеру с азотом. Естественно ожидать, что вклад окислительных свободнорадикальных процессов в суммарную интенсивность свечения, индуцированного облучением, в азоте мал по сравнению с радиофосфоресценцией. Действительно, подача воздуха в измерительную камеру значительно увеличивает интенсивность радиолюминесцен-

ции. Здесь, так же как и в спонтанной люминесценции корешков в аноксии, не исключена роль хемилюминесцентных реакций без участия кислорода, возможность которых показана в работе [2].

Рис. 2 представляет радиолюминесценцию корешков при многократном облучении дозами 5000 р. Облучение начиналось при установившемся уровне спонтанной люминесценции в атмосфере азота (начальный участок кривой). Интервалы между облучениями—1 час. За такое время индуцированная люминесценция спадает до уровня первоначального спонтанного свечения, так что наложение эффекта предыдущей дозы облучения на эффект последующей исключается.

При фосфоресценции расхода вещества не происходит, поэтому уменьшение интенсивности свечения при последовательных облучениях могло бы свидетельствовать о наличии хемилюминесценции, при которой расходуется кислород и органический субстрат.

Однако, как видно из рис. 2, достоверных изменений в интенсивностях нет (небольшие изменения обнаруживаются в пределах ошибки эксперимента), что подтверждает сделанный выше вывод о превалирующем значении фосфоресценции в суммарной интенсивности индуцированной рентгеновскими лучами люминесценции.

Возможно, в радиохемилюминесценции корешков имеет значение также образование в воде при облучении ионизирующей радиацией в атмосфере азота азотистой и азотной кислот, являющихся сильными окислителями.

Обычно уменьшение интенсивности свечения при действии антиоксидантов означает, что мы имеем дело с хемилюминесценцией. В качестве антиоксиданта мы использовали L-цистеин солянокислый в водных растворах разных концентраций.

Корешки четырехдневных проростков гороха погружались на 5 мин в раствор цистеина, затем промывались водопроводной водой и помещались в измерительную камеру. Измерение интенсивностей ССС (начальный прямолинейный участок кривых на рис. 3) показало значительное ослабление свечения обработанных цистеином корешков по сравнению с контролем. Продувка камеры азотом не влияла на люминесценцию обработанных корешков, что согласуется с механизмом действия цистеина [6]. Антиокислительные свойства цистеина обусловлены его высокой способностью реагировать со свободными радикалами, образуя при этом неактивные продукты, и тем самым обрывать цепи окисления.

Поэтому, в отличие от азотной продувки, присутствие цистеина в системе уменьшает также действие внесенного с азотом и образованного при радиолизе воды кислорода.

На рис. 3 показаны кинетические кривые радиолюминесценции корешков, обработанных в растворах цистеина концентраций 10^{-2} М (кривая I), $5 \cdot 10^{-2}$ М (кривая II) и 10^{-1} М (кривая III). Корешки подвергались рентгеновскому облучению дозой 3000 р в атмосфере азота.

Вспышку свечения сразу после облучения в присутствии цистеина вновь следует отнести за счет фосфоресценции. С другой стороны, не-

которое уменьшение интенсивности вспышки с увеличением концентрации цистеина свидетельствует также о наличии хемилюминесценции. Этот же вывод следует из сравнения радиолюминесценции в азоте корешков, обработанных и не обработанных цистеином, интенсивность которой в последнем случае несколько больше.

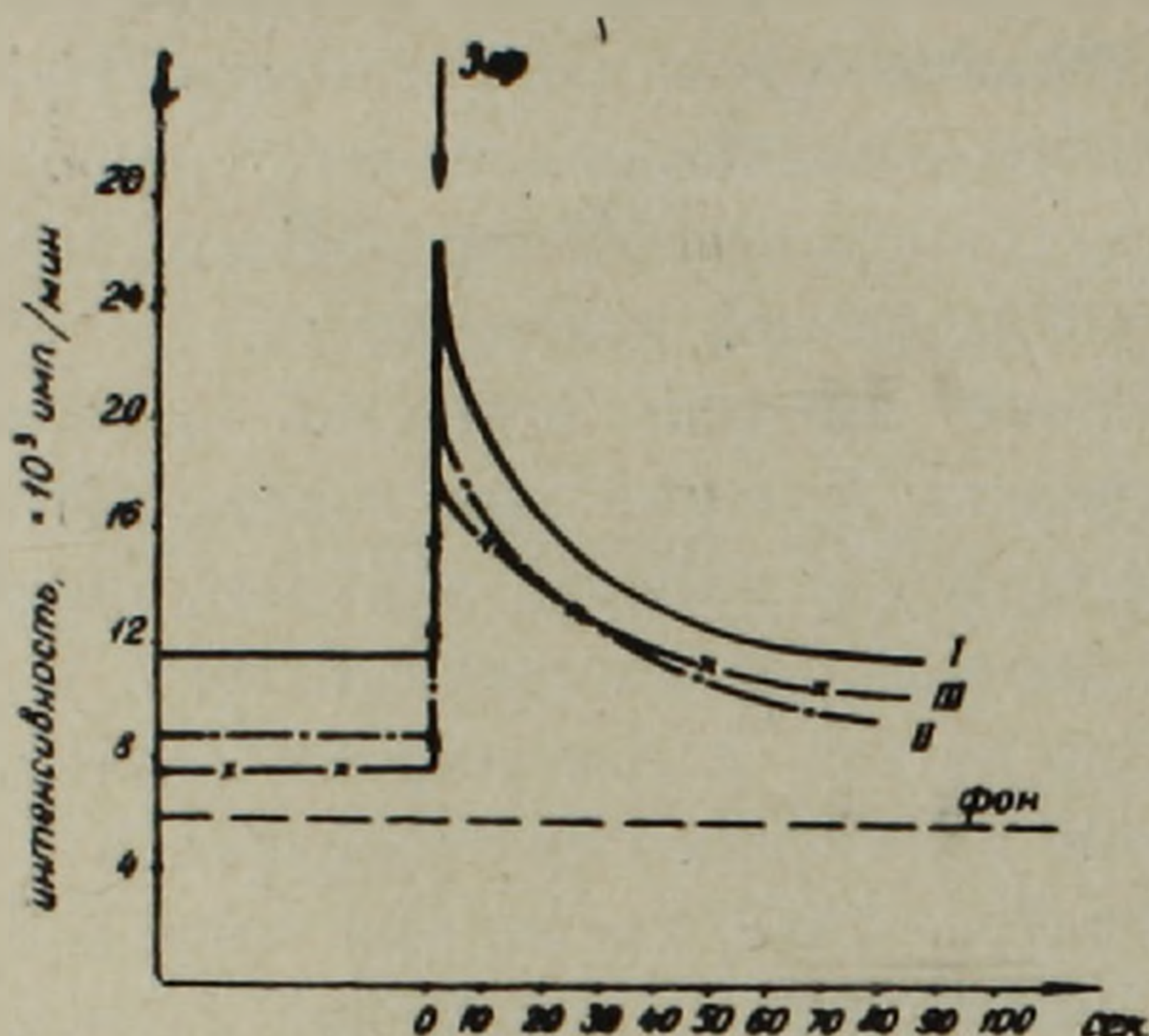


Рис. 3. Радиолюминесценция корешков, обработанных цистеином. Кривая I — 10^{-2} М цистеина, II — $5 \cdot 10^{-2}$ М, III — 10^{-1} М.

Таким образом, свечение корешков гороха в атмосфере азота, индуцированное облучением рентгеновскими лучами, обусловлено как хемилюминесцентными реакциями, так и фосфоресценцией. Последняя вносит основной вклад в суммарную интенсивность свечения.

Ереванский физический институт

Поступило 12.IV 1972 г.

Հ. Մ. ԱՎԱԴՅԱՆ, Ծ. Մ. ԱՎԱԴՅԱՆ

ՌԱԴԻՈՔԵՄԻԼՅՈՒՄԻՆԵՍԵՆՑԻԱՆ ԱԶՈՏԻ ՄԻՋԱՎԱՅՐՈՒՄ

Ա մ փ ո փ ու մ

Ռադիացիոն բիոֆիզիկայի հիմնական պրոբլեմներից մեկը թթվածնային էֆեկտի հետազոտումն է, որը սերտորեն կապված է ռադիացիոն խաթարման առաջնային երևույթների հետ: Թթվածնով կատարված հետազոտություններում, որպես ստուգիչ միջավայր սովորաբար օգտագործվում է ազոտը: Հետազոտության մեջ ցույց է տրված ազոտի միջավայրում ինդուկցված ազատ ռադիկալների դերը ռենտգենյան ճառագայթների ազդեցության ներքո:

Միաժամանակ ցույց է տրված ֆոսֆորեսցենցիայի և քեմիլյումինեսցենցիայի ներդրումը ոլոռի արմատների ռադիոլյումինեսցենցիայի մեջ:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Авакян Ц. М., Аджян Н. С. Биопизика, 2, XI, 717, 1966.
2. Васильев Р. Ф., Налбандян Дж. М. Известия АН СССР, серия химическая, 773, 1966.
3. Журавлев А. И., Веселовский В. А., Кощеевко Н. Н. Успехи современной биологии, 2 (5), 60, 1965.
4. Тарусов Б. Н. Первичные процессы лучевого поражения, Госатомиздат, 1962.
5. Тарусов Б. Н. Природа, 2, 1966.
6. Avakian Ts., Hadian N., Stepanian L. Proceedings. IV Int. Congress of Rad. Res, 28. IV Evian, France.
7. Avakian Ts., Semerdian S., Nor-Arevian N., Hadian N. Studia Biophysica. Berlin, 15/16, 1969.