

Н. Г. НОР-АРЕВЯН, С. П. СЕМЕРДЖЯН

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ДАВЛЕНИЙ КИСЛОРОДА НА ЛУЧЕВОЕ ПОРАЖЕНИЕ

Для понимания механизма действия ионизирующих излучений на биологические объекты важное значение имеет изучение природы первичных физико-химических реакций, индуцируемых облучением. При этом большое значение придается участию кислорода в начальных реакциях развития лучевого поражения.

В радиобиологической литературе накопилось много данных по действию кислорода в момент облучения лучами с малой линейной плотностью ионизации. В качестве примера мы можем указать на ряд исследований [1—4], в которых авторы обратили внимание на повышение радиорезистентности при уменьшении концентрации кислорода. Имеются также работы, в которых изучалось нарастание эффекта действия ионизирующих излучений с увеличением концентрации [5, 6]. Таким образом, присутствие кислорода в момент облучения оказывает усиливающее действие на процессы, протекающие при лучевом поражении, что свидетельствует о важной роли кислорода в первичных физико-химических реакциях.

Большой интерес также представляют исследования, установившие аномальную зависимость поражения биологических объектов от различных давлений кислорода при облучении. В этих работах было показано, что при повышении концентрации кислорода облучение увеличивало поражение только до определенного предела, после чего дальнейшее увеличение концентрации не повышало, а наоборот, ослабляло его действие. Иными словами, большие концентрации кислорода частично сами снижали кислородный эффект. Таким образом, уменьшение порционного давления кислорода (нижний кислородный предел) и высокие давления (верхний кислородный предел) защищают организм от поражения. Существование так называемых «нижнего» и «верхнего» кислородных пределов при облучении было показано на дрожжах [7, 8], на шелкопряде [9]. На мышах наличие «нижнего» кислородного предела показано Стандером [10], а «верхнего» — А. И. Журавлевым [11].

Работа Рида [5] по изучению зависимости степени поражения от концентрации кислорода на растительном объекте (проростки конских бобов) не выявила существование верхнего кислородного предела. Он установил, что эффект поражения увеличивался при повышении кислородного давления до трех атмосфер, тогда как дальнейшее повышение (до 14 атмосфер) не меняло картину поражения. Трудность проведения подобных опытов связана с тем, что не все биологические объекты могут

выдерживать повышенные давления кислорода; на некоторые организмы высокие давления кислорода действуют аналогично ионизирующей радиации [6]. Следовательно, чтобы провести такого рода опыты необходимо убедиться в том, что объекты исследования без нарушения жизнедеятельности выдерживают повышенные давления кислорода.

Нами проводились эксперименты по выяснению действия непосредственно больших давлений кислорода на жизнедеятельность проростков конских бобов (*Vicia faba*) и гороха (*Pisum sativum*). С этой целью использовалась специальная камера, позволяющая варьировать давлением в пределах от 1 до 50 атмосфер. Выяснилось, что большие давления кислорода без облучения до 50 атмосфер не оказывают заметного действия на рост корешков (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Действие высоких давлений кислорода без облучения на прирост корешков конских бобов и гороха (в мм).

Варианты	Конские бобы				Горох			
	через 2 дня		через 4 дня		через 2 дня		через 4 дня	
	среднее значение	ошибка результата	среднее значение	ошибка результата	среднее значение	ошибка результата	среднее значение	ошибка результата
Контроль (без давления)	36,4	$\pm 0,3$	70,4	$\pm 1,4$	36,7	$\pm 0,8$	67,8	$\pm 1,0$
Давление 50 атм.	36,1	$\pm 0,6$	68,2	$\pm 1,9$	36,9	$\pm 1,2$	67,2	$\pm 2,0$

Убедившись в возможности использования данных объектов в подобных опытах, мы перешли к экспериментальному изучению вопроса о существовании «нижнего» и «верхнего» кислородных пределов у растений при облучении.

Семена конских бобов сорта «Русский черный» и гороха сорта «Ленинканский поздний 4» предварительно отбирались по форме и размерам, ставились на набухаемость в проточную воду соответственно на 24 часа и 1 час. Далее производился вторичный отбор по тем же признакам. Проращивание проводилось в кварцевом песке в термостате при температуре 20°C. В опыте использованы трехдневные проростки конских бобов и двухдневные—гороха. Проростки отбирались по длине и толщине корешков. В вариантах опыта использовались проростки с корешками одинаковых размеров.

Облучение проводилось на рентгеновской установке РУМ-II при напряжении на трубке 185 кВ и при силе тока 13 мА. Мощность дозы в камере измерялась предварительно с помощью рентгенометра РМ-I и равнялась 45 рентгенам в мин. За критерий поражения в наших опытах бралось подавление прироста корешков.

В каждом варианте использовалось по 30 растений. При облучении в атмосфере кислорода и азота проростки помещались в камеру и с

обеих сторон покрывались влажной фильтровальной бумагой во избежание высыхания в период облучения. Камера закрывалась герметично и в течение 5 мин. продувалась соответствующим газом, после чего давление поднималось до нужного значения. После облучения давление в камере снижалось очень медленно, со скоростью 2—3 атмосферы в мин. Корешки облученных проростков предварительно измерялись и ставились на проращивание в вегетационные сосуды, предварительно наполненные водой и покрытые плексиглассовыми пластинками с отверстиями. Корешки проращивались в термостате при температуре 20°C. Измерения проводились на 2 и 4-ые сутки после облучения. В зависимости от объектов изучалось действие следующих давлений кислорода в момент облучения: 0 (азот), 1, 3, 4, 5, 10, 15, 20, 30, 40 и 50 атмосфер. Проростки конских бобов при соответствующих давлениях облучались дозой в 90 р., гороха—150 и 200 р.

Дозы выбирались на основе наших предварительных данных по действию рентгеновских лучей на прирост корешков гороха и конских бобов (графики 1 и 2). Как видно из графиков, эти дозы не оказывали сильного подавляющего действия на прирост корешков.

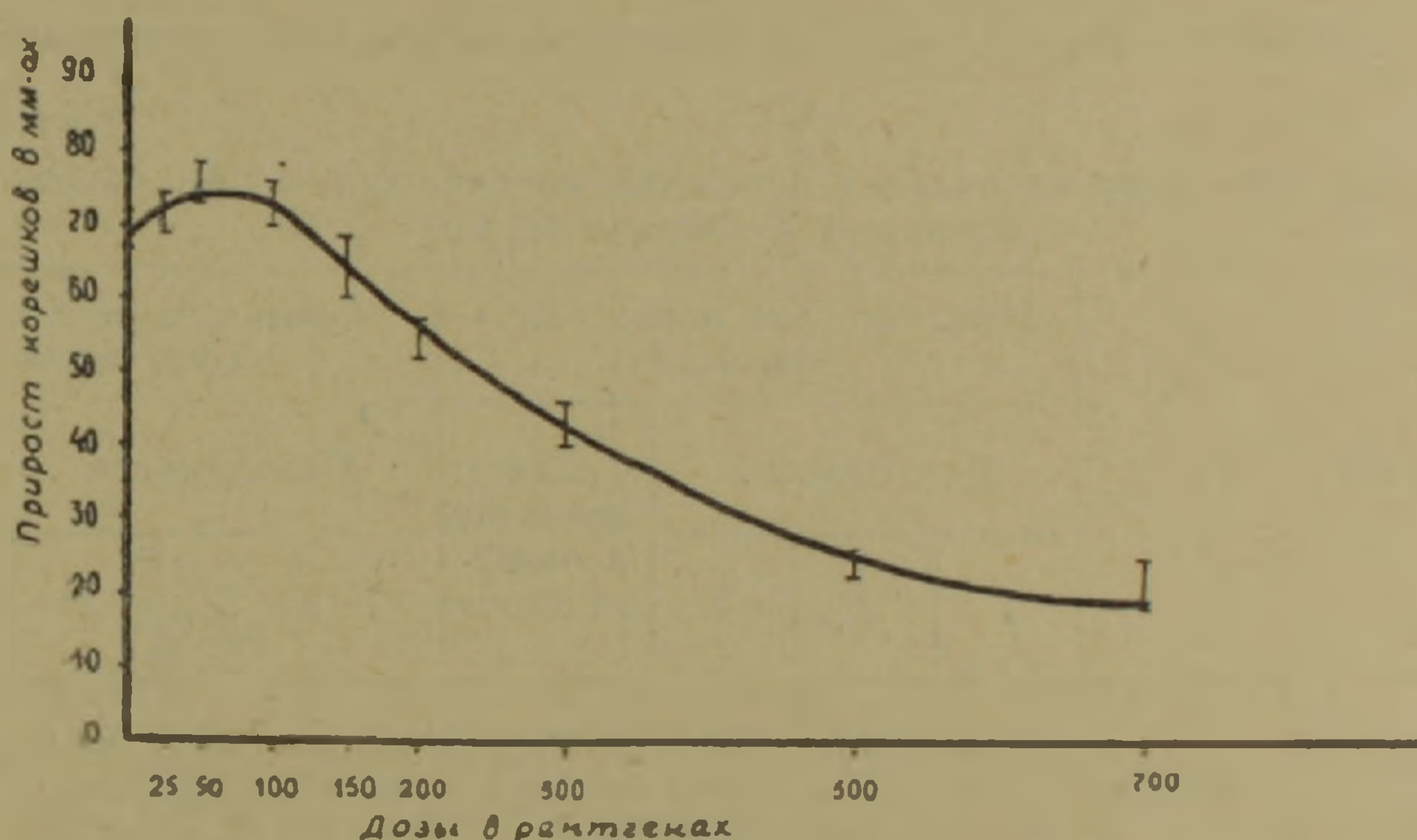


График 1. Прирост корешков гороха в зависимости от дозы облучения.

Результаты опыта с конскими бобами приведены в табл. 2. Данные таблицы показывают, что поражение проростков при облучении по мере повышения давления кислорода увеличивается до определенного уровня (30 атм), после чего дальнейшее возрастание давления не увеличивает, а наоборот, уменьшает эффект поражения (50 атм).

Аналогичная закономерность была получена в опытах, проведенных на проростках гороха. При облучении дозой 150 р максимум поражения наблюдался при давлении кислорода 1 атм. Более высокие давления защищали проростки от проникающей радиации (табл. 3).

Другая серия опытов проделывалась более дифференцированно. Доза облучения—200 рентген. Результаты приведены на графике 3. По мере нарастания давления кислорода лучевое поражение значительно увеличивается и при давлениях 1 и 3 атм. достигает максимального зна-

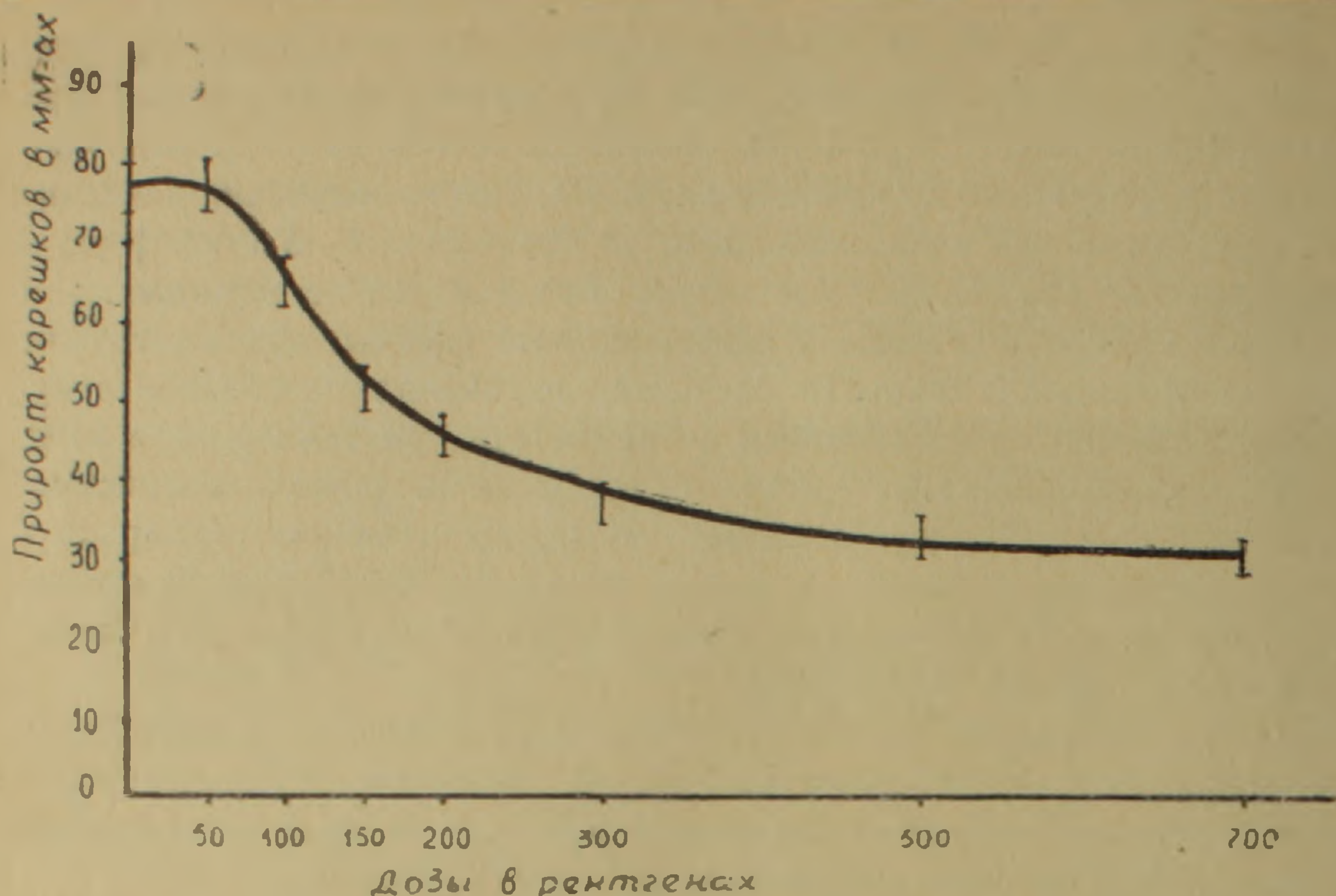


График 2. Прирост корешков конских бобов в зависимости от дозы облучения.

Таблица 2

Действие облучения на прирост корешков конских бобов при различных давлениях кислорода (в мм)

Варианты	Через два дня после облучения				Через четыре дня после облучения			
	Повторности			Среднее значение и ошибка опыта	Повторности			Среднее значение и ошибка опыта
	1	2	3		1	2	3	
Контроль, азот — 1 атм.	28,2	29,6	33,1	30,3±1,5	55,2	59,0	61,2	58,4±1,8
Контроль, азот — 50 атм.	31,8	33,4	33,2	32,8±0,5	61,4	56,2	58,1	58,6±1,5
Кислород — 1 атм. . . .	22,3	24,3	24,8	23,8±0,8	40,2	46,0	44,6	43,6±1,7
Кислород — 30 атм. . . .	17,4	18,0	17,3	17,6±0,2	34,9	37,3	34,0	35,4±1,0
Кислород — 50 атм. . . .	23,5	28,4	31,5	27,8±2,3	48,1	57,3	54,0	53,1±2,7

Примечание: доза 90 р.

Таблица 3

Действие облучения дозой 150 р на прирост корешков гороха при различных давлениях кислорода (в мм)

Варианты	Через два дня		Через четыре дня	
	среднее значение	ошибка результата	среднее значение	ошибка результата
Азот — 1 атм	37,2	±1,1	65,2	±1,2
Кислород — 1	28,6	±2,0	55,4	±2,8
Кислород — 10	35,7	±1,3	65,0	±1,4
Кислород — 15	36,9	±1,1	68,8	±1,4
Кислород — 30	37,3	±1,1	71,8	±1,3
Кислород — 40	39,0	±1,6	71,9	±1,8
Кислород — 50	38,0	±1,4	70,9	±2,5

чения. Однако уже при 4 атм. кислорода происходит повышение радиорезистентности и дальнейшее увеличение кислородного давления вплоть до 50 атм. не меняет картину поражения.

Таким образом, уменьшение кислородного давления ниже 1 атм и увеличение выше 3 атм также защищало проростки гороха от ионизирующей радиации.

Данные по изменению радиочувствительности, в зависимости от давления кислорода в момент облучения, полученные в наших опытах, можно объяснить с точки зрения цепной реакции окисления с разветвленными цепями, выдвинутой Б. Н. Тарусовым [12, 13] для объяснения механизма биологического действия ионизирующей радиации.

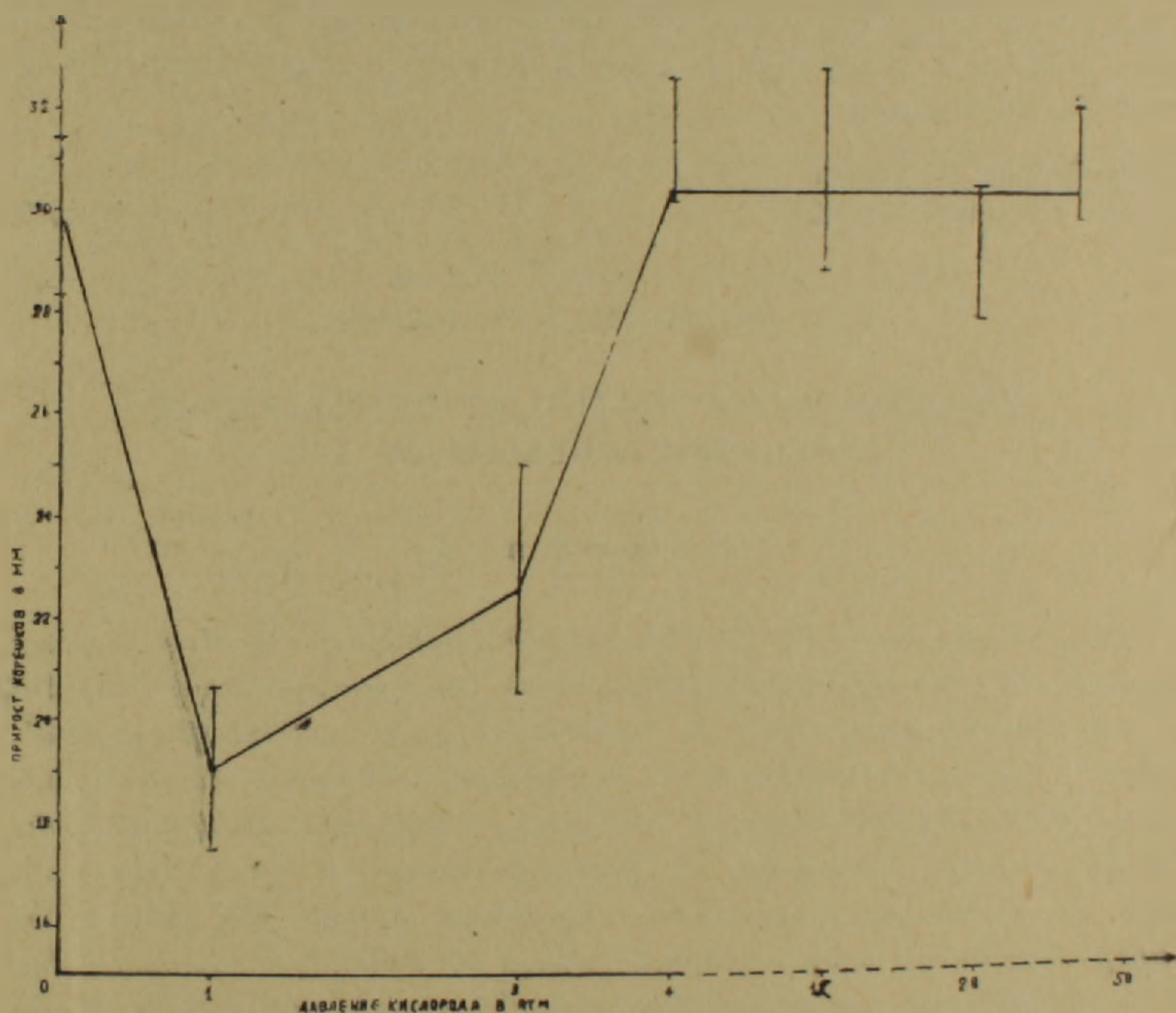


График 3. Прирост корешков гороха в зависимости от давления кислорода.
Доза облучения 200 р.

В пользу такого истолкования наших данных можно указать работы [14, 15], в которых показано, что скорость цепных реакций окисления, в зависимости от концентрации кислорода, описывается закономерностями, подобно полученным в наших экспериментах. Такая аномальная зависимость скорости реакции от давления кислорода объясняется тем, что как при повышении, так и при понижении давления кислорода создаются условия, не обеспечивающие развитие этих реакций—это так называемые «нижний» и «верхний» кислородные пределы. Согласно К. Д. Калантарову [8], при облучении организмов проникающей радиацией наличие «верхнего» кислородного предела обуславливается тройными соударениями водных радикалов HO_2 с молекулами биосубстра-

та, ибо вероятность таких соударений увеличивается в связи с большим выходом этого радикала при увеличении концентрации кислорода в момент облучения.

В ы в о д ы

1. Высокие давления кислорода и азота не оказывают угнетающего действия на жизнедеятельность проростков конских бобов и гороха.

2. Уменьшение давления кислорода и повышение его при облучении ниже и выше определенных значений защищают проростки от поражения.

3. Аномальная зависимость поражения от различных давлений кислорода в момент облучения дает возможность интерпретировать полученные данные с точки зрения теории цепных реакций окисления с разветвленными цепями.

Лаборатория биофизики
Института земледелия АрмССР

Поступило 24.VI.1963 г.

Ն. Դ. ՆՈՐ-ԱՐԵՎՅԱՆ, Ս. Պ. ՍԵՄԵՐԺՅԱՆ

ԹԹՎԱԾՆԻ ՏԱՐԲԵՐ ՃՆՇՈՒՄՆԵՐԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ՃԱՌԱԳՄԱՆ ԵՎ ԶԱՆԴԱՐՄԱՆ ԷՖԵԿՏԻ ՎՐԱ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Իոնացնող ճառագայթների մեխանիզմը հասկանալու համար կարևոր նշանակություն ունի այն ֆիզիկա-քիմիական փոփոխությունների ուսումնասիրությունը, որոնք առաջանում են օրգանիզմներում ճառագայթահարման հետևանքով: Ըստ որում մեծ դեր է հատկացվում թթվածնի մասնակցությանը ճառագայթահարման հետևանքով առաջացող սկզբնային ռեակցիաներին:

Մեր փորձերը կատարվել են բակլայի երրորդ և ուլոռի երկրորդ օրվա ծիլերի վրա: Հատուկ պատրաստված խցիկում ծիլերը թթվածնի և ազոտի տարբեր ճնշումների պայմաններում (մինչև 50 մթնոլորտ) ճառագայթահարվել են ռենտգենյան ճառագայթների որոշակի դոզաներով: Որպես բիոլոգիական փոփոխության չափանիշ ընդունվել է երկրորդ և չորրորդ օրերին արմատների երկարացման աստիճանը:

Ստացված արդյունքները հիմք են տալիս մեզ անելու հետևյալ նախնական եզրակացությունները՝

1. Թթվածնի ու ազոտի բարձր ճնշումները ճնշող ազդեցություն չեն թողնում բակլայի և ուլոռի ծիլերի կենսադործունեության վրա:

2. Թթվածնի ճնշման իջեցումը և բարձրացումը մինչև որոշ աստիճան պաշտպանում են ծիլերը ճառագայթահարումից:

3. Ճառագայթահարման ժամանակ առաջացող բիոլոգիական էֆեկտի առումով կախումը թթվածնի տարբեր ճնշումներից՝ հնրավորություն է տալիս ստացված տվյալները բացատրել օքսիդացման տիպի ճյուղավորված շղթայածև ռեակցիաների թնորիայի տեսանկյունից:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Hollaender A., Stapleton G., a. Martin F. Nature, 167, 4238, 103, 1951.
2. Hollaender A. a. Stapleton G. Physiol. Rev. 33, 1, 77, 1953.
3. Gray L., Conger A., Ebert M. Brit. J. Radiol., 26, 638, 1953.
4. Сумаруков Г. В. Биофизика, 3, вып. 3, 1958.
5. Read J. Brit J. Radiol. 24, 287, 635, 1951.
6. Conger A. D. a. Fairchild L. M. Proc. Nat. Acad. Sci. USA, 38, 4, 289, 1952.
7. Alper T. J. Radiol. Biol., 27, 313, 1959 (цитировано из кн. Б. Н. Тарусова Первичные процессы лучевого поражения, Госатомиздат, М., 1962).
8. Калантаров К. Д. Биофизика, 3, вып. 1, 111, 1958.
9. Калантаров К. Д. Медицинская радиология, 6, 1959.
10. Stender, Hornikewitsch, Strahlentherapie, 96, 44, 1955 (цитировано из кн. Б. Н. Тарусова Первичные процессы лучевого поражения, 1962).
11. Журавлев А. И. Тез. докл. на симпозиуме Первичные механизмы биологического действия ионизирующих излучений, М., 24, 1960.
12. Тарусов Б. Н. Основы биол. действия радиоактивных излучений, Медгиз, 1956.
13. Тарусов Б. Н. Первичные процессы лучевого поражения, Госатомиздат, М., 1962.
14. Налбандян А. Э., Эммануэль Н. М. В сб. Кинетика цепных реакций окисления, Изд. АН СССР, М., 75, 1950.
15. Семенов Н. Н. Цепные реакции, Госхимтехиздат, М.—Л., 1934.