

УДК 535.2+631.4

ДЕЙСТВИЕ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ НА ВОДОПРОЧНОСТЬ ПОЧВЕННЫХ АГРЕГАТОВ И СОРБЦИЮ АЗОТА ПОЧВОЙ

С. М. ЭФРОС

(Кафедра прикладной атомной физики и радиохимии)

Радиационная техника широким фронтом внедряется в сельскохозяйственное производство [3, 4]. Она используется при радиационной стимуляции для повышения урожайности и улучшения качества сельскохозяйственной продукции, радиационного ингибирования в целях предотвращения прорастания картофеля, лука и корнеплодов при хранении, для пастеризации плодов и овощей, дезинсекции зерна, пастеризации продуктов животноводства, для борьбы с вредителями сельскохозяйственных культур. В настоящее время открываются новые возможности использования радиационных устройств для автоматизации производственных процессов в сельскохозяйственном производстве.

Основное внимание исследователей, работающих в области сельскохозяйственной радиобиологии, было направлено на изучение биологического действия радиации на растения, животных и сельскохозяйственную продукцию и мало внимания уделялось действию ионизирующей радиации на внешнюю среду, в частности на почву.

По имеющимся литературным сведениям [6, 12], ионизирующая радиация может вызывать существенные изменения физических, химических и биологических характеристик почв, а также структурно-физических свойств [7, 9]. Например, можно ожидать увеличения количества подвижных, усвояемых форм питательных элементов. При высоких поглощенных дозах радиации порядка 1—10 Мрад происходит стерилизация почвы [10, 11].

Таким образом, облучение почвы ионизирующей радиацией может способствовать улучшению плодородия почвы, защите растений от сорняков и вредителей и т. д.

Нами изучалось влияние гамма-излучения на структурные и адсорбционные свойства почвы. Данная работа выполнена на кафедре прикладной атомной физики и радиохимии, где проводятся систематические исследования действия ионизирующей радиации на физические, химические и биологические свойства почв.

В качестве объекта изучения использовали воздушно-сухие образцы дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы пахотного горизонта из района станции Сходня Московской области. Образцы почвы массой по 25 г облучали в стеклянных боксах в

атмосфере воздуха на гамма-установке МРХ-гамма-100 (источник гамма-излучения — ^{60}Co). Мощность дозы излучения 0,75 Мрад/ч. Почвенные образцы после облучения выдерживали в термостате при 20° в течение 3 ч. Время от момента окончания облучения почвы до начала ее анализа 4 ч.

Была задана следующая вариация доз гамма-излучения: 0 (контроль); 0,1; 1,0; 10 и 100 Мрад. Структурность почвы изучали методом Бакшеева по стандартной методике [1]. Водопрочность почвенных агрегатов определяли на аппарате И. М. Бакшеева, содержание водопрочных агрегатов измеряли в массовых процентах. Проведены 2 серии опытов с 3-кратной повторностью для каждой дозы гамма-излучения. Вычисляли среднюю квадратичную ошибку, затем через коэффициент Стьюдента рассчитывали доверительный интервал с уровнем доверительной вероятности 90%. Результаты измерений представлены в табл. 1. Получена хорошая сходимость результатов 2 серий опытов. Однако влияния гамма-излучения на водопрочность почвенных агрегатов в пределах ошибки измерений (относительная погрешность около 5%) не установлено, несмотря на довольно широкий интервал доз (0—100 Мрад). Наши данные не согласуются с литературными [7], согласно которым гамма-излучение влияет на водно-физические свойства почвы. Возможно, что это влияние проявляется не на всех почвах.

Адсорбционные свойства почвы изучали с помощью прибора «Сорптоматик» итальянской фирмы Карло-Эрба [5]. Адсорбционную емкость почвы (мономолекулярная адсорбция) и объем пор почвы (капиллярная конденсация) вычисляли на основании изотерм адсорбции азота, снятых при температуре жидкого азота [2].

При снятии изотермы адсорбции азота на приборе «Сорптоматик» объем адсорбированного газа определяли, измеряя снижение давления азота в бюретке с адсорбентом (почвой) в результате адсорбции некоторой порции газа.

Вначале проводится холостой опыт в целях получения градуировочного графика. С помощью системы автоматического впуска в рабочую бюретку подаются кратные части объема азота. Для каждой порции введенного азота измеряется давление в бюретке. Соответствие между давлением азота

Т а б л и ц а 1
Содержание водопрочных
почвенных агрегатов (масс. %)

Доза, Мрад	1-я серия	2-я серия
0	76,7±5,2	76,3±2,9
0,1	76,4±2,7	75,6±3,2
1,0	77,1±2,9	76,9±2,7
10	76,0±2,9	76,1±2,4
100	75,7±4,1	76,3±2,2

в бюретке и его объемом, приведенным к нормальным условиям, определяется уравнением состояния газа:

$$\frac{V_0 P_0}{T_0} = \frac{VP}{T}, \quad (1)$$

где V_0 — объем газа при 0° и нормальном давлении $P_0=760$ мм рт. ст.; $T_0=273^\circ$; V — объем газа в камере впуска, см^3 ; P — давление в бюретке, мм рт. ст.; $T=(273+t)$ — температура термостатирования системы автоматического впуска.

Из уравнения (1) имеем

$$V_0 = P(VT_0/P_0T) = PV[273/760(273+t)]. \quad (2)$$

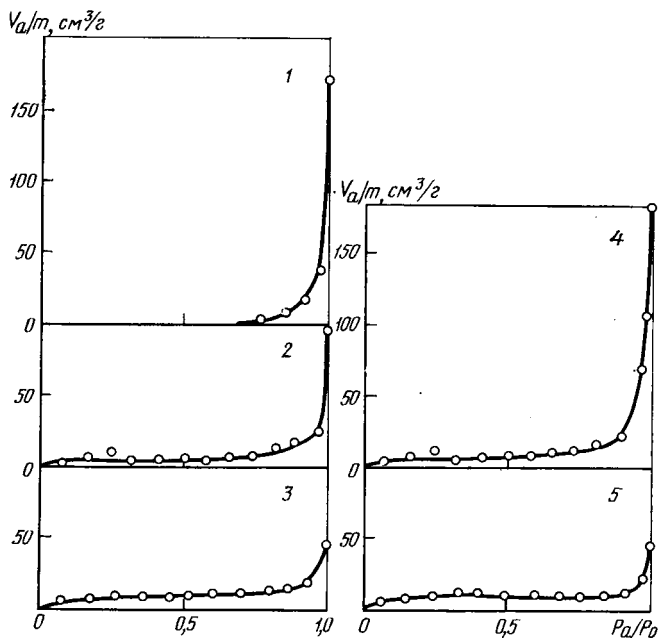
После получения градуировочного графика зависимости $V_0=f(P)$ проводится рабочий опыт. В бюретку, предварительно откаченную вместе с образцом до получения вакуума, вводят порциями азот в той же последовательности, что и при градуировке. После установления адсорбционного равновесия (около 30—40 мин) определяют снижение давления в бюретке. Для данной порции азота измеряется соответствующее равно-

весное давление P_a , оно указывается регистрирующим устройством. Давлению P_a соответствует определенный объем неадсорбированного азота $V_{0,g}$, который определяется по градуировочному графику. Тогда объем адсорбированного азота при P_a будет равен

$$V_a = V_{0,i} - V_{0,g}, \quad (3)$$

где $V_{0,i}$ — приведенный к нормальным условиям объем азота, соответствующий i -й порции введенного в бюретку газа.

Получают кривую адсорбции азота до полного насыщения адсорбента (почва) на стадии капиллярной конденсации. Рабочее давление, при котором происходит полное сорбционное насыщение почвы, обозначается через P_0 . Далее строится график изотермы адсорбции азота почвой. На оси абсцисс откладывают значения P_a/P_0 , а на оси ординат — V_a/m , где m — масса образца почвы, т. е. объем адсорбированного газа, отнесенный к массе адсорбента. Полученные нами изотермы адсорбции азота почвой для различных доз гамма-излучения приводятся на рисунке. Все они имеют две характерные части: первая — лэнгмюровская — соответствует мономолекулярной адсорбции, вторая — восходящая — полимолекулярной адсорбции и капиллярной конденсации. Первая часть по области насыщения (горизонтальный участок кривой) позволяет определить адсорбционную емкость почвы по азоту для мономолекулярной адсорбции. На кривых изотерм адсорбции брали горизонтальные участки (интервал относительных давлений примерно 0,2—0,6), принимаемые за насыщение, и для этих участков по экспериментальным точкам вычисляли среднее значение адсорбции азота (V_a/m), которое и принималось за искомую величину адсорбционной емкости почвы по азоту (S_m). Полученные значения S_m приведены



Изотермы адсорбции азота дерново-подзолистой почвой при гамма-облучении в дозе 0,1 Мрад (2), 1,0 (3), 10 (4), 100 Мрад (5) и без облучения (1).

Т а б л и ц а 2

Адсорбционная емкость и объем пор почвы при разных дозах гамма-излучения

Доза Мрад	Адсорбционная емкость почвы по азоту S_m , см ³ /г*	Удельный объем пор, $V_{пор}/m$, см ³ /г**
0	0	0,062
0,1	3,6±0,9	0,037
1,0	8,7±1,4	0,031
10	6,8±2,2	(0,147)
100	7,5±1,4	0,027

* Сорбция азота необлученной почвы начинается в области относительных давлений, превышающих интервал, который принимается за насыщение.

** Полученные значения удельного объема микропор значительно ниже микропористости почв, определенной другими методами. Очевидно, в данном случае определяются объемы пор, не превышающие десятых долей микрона, а также объемы межслоевых пространств слоистых силикатов.

в табл. 2. Доверительные интервалы ошибок рассчитаны с доверительной вероятностью 90%.

Удельный объем пор определяется по формуле

$$\frac{V_{пор}}{m} = K \frac{V_{a,h}}{m}, \quad (4)$$

где $V_{a,h}$ — равновесный удельный объем адсорбированного азота при капиллярной конденсации, $K=0,00155$ — константа Кель-

вина. По инструкции работы прибора [5] значение $V_{a,h}$ берется по предпоследней точке на изотерме адсорбции в области капиллярной конденсации. Полученные значения удельного объема пор приведены в табл. 2. Так как изотермы получали без повторностей, абсолютную ошибку не рассчитывали. Но, согласно регламенту работы прибора и принятой методике измерений и расчета, относительная ошибка в измерении объема пор оценивается 5% [5].

Гамма-излучение оказывает заметное влияние на адсорбционную способность почвы и ее пористость (табл. 2). С увеличением дозы от 0 до 1 Мрад адсорбционная емкость почвы по азоту увеличивается. В интервале доз от 1 до 100 Мрад практически достигается насыщение в рассматриваемой зависимости адсорбционного эффекта от дозы. Увеличение адсорбционной способности почвы может быть обусловлено или повышением адсорбционной активности адсорбента, или увеличением поверхности почвы в результате возрастания пористости. Однако, как видно из табл. 2, пористость при облучении почвы не увеличивается, а, наоборот, уменьшается. Увеличение объема пор при дозе 10 Мрад является, по-видимому, артефактом, причина которого не ясна. Поэтому полученный частный результат мы сейчас не принимаем во внимание.

Итак, остается предположить, что адсорбционная способность почвы при гамма-облучении возрастает вследствие увеличения числа активных центров, т. е. повышения адсорбционной активности почвы.

Таким образом, опыты с дерново-подзолистой почвой показали, что гамма-излучение в интервале доз 0—100 Мрад не оказывает влияния на водопрочность почвенных агрегатов, но действует на адсорбционную способность и пористость почвенных частиц.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бакшеев И. М. Лабораторные занятия по почвоведению, земледелию и удобрениям. М., Сельхозгиз, 1934.—2. Брунауэр С. Адсорбция газов и паров. Т. I. М., ИЛ, 1948.—3. Қаушанский Д. А. Энергия атома — сельскому хозяйству. М., Атомиздат, 1978.—4. Рачинский В. В. Курс основ атомной техники в сельском хозяйстве. М., Атомиздат, 1978.—5. Руководство по эксплуатации и обработке экспериментальных данных. Инструкция к прибору «Сорптоматик». Милан, «Карло — Эрба», 1976.—6. Эфрос С. М., Рачинский В. В. Состояние проблемы действия ионизирующей радиации на почву. Депонировано во ВНТИинформцентре,

Б610372.—Сб. реф. НИР, 1977, сер. 21, № 27, с. 7.—7. Boyer J., Combean A., Graby A., Thomas Anne-Marie.—Compt. rend. Acad. agric. France, 1966, vol. 52, N 12, p. 920—927.—8. Bowen H. J. M., Cawse P. A.—Soil Sci., 1969, vol. 97, p. 252—259.—9. Griffiths E., Burns R. G.—Plant and Soil, 1968, vol. 28, p. 169—173.—10. McLaren A. D., Luse R. A., Skujins J. J.—Soil Sci. Soc. Am. Proc., 1962, vol. 26, p. 26, p. 371—377.—11. Skou J. P.—J. Gen. Microbiol., 1962, vol. 28, p. 521—530.—12. Singh B. R., Kanehiro J.—J. Sci. Ed. Agric., 1970, vol. 21, p. 61—64.

Статья поступила 12 декабря 1978 г.

SUMMARY

It has been found in the experiments with soddy-podzolic soil, that gamma-irradiation (dose range 0—100 Mrad) has no influence upon soil aggregates stability and changes adsorbing capacity and porosity of soil particles (measured by sorption of nitrogen).