

Радиоактивность воды в грунтовой защите ускорителей

БАЛУКОВА В. Д., ЛУКАНИН В. С., СЫЧЕВ Б. С., УШАКОВ С. И.

Сооружение сильного ускорителя протонов «Мезонная фабрика» [1] требует изучения степени загрязнения им подземных вод. Радиоактивные изотопы, образующиеся в грунтовой защите ускорителя и в грунтовых водах, могут в дальнейшем мигрировать на значительные расстояния, вызывая потенциальную опасность загрязнения источников водоснабжения.

В работах [2—5] изучалась активация грунтов под действием вторичных частиц, генерируемых на протонных ускорителях, а также вымывание образовавшихся изотопов грунтовыми водами. Наведенная радиоактивность воды рассматривалась ранее [6—8].

В настоящей работе исследовалась активация грунтовой воды, отобранной с места строительства «Мезонной фабрики» (Красная Пахра, Московская обл.), и изучалась сорбция на грунтах образовавшихся в воде изотопов. Вода облучалась в течение 35 дней вторичными частицами (с энергией до 70 ГэВ), генерируемыми на протонном синхротроне Института физики высоких энергий (г. Серпухов). Поток частиц с энергией >20 МэВ в месте облучения составлял $(4,5 \pm 0,7) \cdot 10^7$ част./ $(\text{см}^2 \cdot \text{с})$; поток тепловых нейтронов $(2,0 \pm 0,3) \cdot 10^7$ нейтр./ $(\text{см}^2 \cdot \text{с})$.

После облучения вода выдерживалась месяц. Короткоживущие изотопы ($T_{1/2} < 1$ нед) за это время практически распадались. Наведенная γ -радиоактивность измерялась на полупроводниковом спектрометре. Наведенную β -радиоактивность определяли на установке с малым фоном УМФ-4500 и на 4π -счетчике «Протока» (для измерения трития). Детектором излучений в установке УМФ служил торцовый счетчик. Удельные активности изотопов определялись по методике измерения β -излучения толстослойных источников [9]. Изотопный состав излучения и вклад каждого изотопа в измеряемую активность находили построением кривой поглощения β -излучения в алюминии. Содержание трития измерялось в дистиллированной воде, облученной вместе с грунтовой. Спустя месяц после облучения, в дистиллированной воде остается единственный β -излучатель — тритий (образуется только из кислорода, как и в грунтовой воде), его не нужно

отделять от других изотопов. Результаты приведены в табл. 1.

Грунтовая вода, загрязненная в районе ускорителя, вступит в дальнейшем в контакт с породами водоносного горизонта, что может привести к очищению воды, главным образом за счет сорбции изотопов на грунтах. Поглощающая способность грунтов по отношению к радиоактивным изотопам характеризуется коэффициентом распределения, определение которого проводилось следующим образом: 5 г грунта помещали в емкость, в которую добавляли 50 г радиоактивного раствора, содержимое перемешивали, после чего раствор отделяли на центрифуге и определяли остаточную радиоактивность раствора. Коэффициент распределения рассчитывался по формуле $K_p = A_r/A_v$, где A_r — удельная активность твердой фазы (грунт), A_v — удельная активность жидкой фазы (отфугованный раствор).

Для определения коэффициента распределения бериллия исходным раствором служила облученная грунтовая вода. При изучении сорбции остальных изотопов использовались стандартные радиоактивные препараты NaCl , $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$, SO_4 -ион, CaCl_2 , растворенные в необлученной грунтовой воде. Результаты представлены в табл. 2, откуда видно, что сорбция зависит от изотопа и от вида грунта (образцы с места строительства «Мезонной фабрики»).

Для трития сорбция не исследовалась, так как он движется в подземных потоках, почти не задерживаясь породами [11].

Сравним загрязнение водоносного слоя от активации грунтов и грунтовых вод. Предположим, что водозаборные скважины удалены от ускорителя более чем на 1000 м. Учитывая, что реальные миграции грунтовых вод меняются от 1,5 м/год до 1,5 м/сут [12], примем, что скорость грунтовых вод в месте расположения ускорителя равна 1 м/сут. Тогда в загрязненной грунтовой воде к моменту подхода к скважине останутся только изотопы Т и ^{22}Na . Концентрация остальных изотопов за счет сорбции и естественного распада будет значительно ниже. Таким образом, возможность загрязнения определится Т и ^{22}Na .

В настоящей работе одновременно с грунтовой водой в том же месте облучались образцы грунта, отобранные с места строительства ускорителя. После облу-

Измеренные значения удельной активности изотопов

Таблица 1

Изотоп	$T_{1/2}$, сут	Максимальная энергия β -спектра, кэВ	ПДГ в воде открытых водоемов [10], расп./ $(\text{с} \cdot \text{г})$	Активность к концу облучения, расп./ $(\text{с} \cdot \text{г})$	
				По γ -излучению	По β -излучению
^3H	4550	18	120,0	Нет γ	500 ± 300
^7Be	53	Нет β	67,0	4400 ± 700	Нет β
^{22}Na	950	575	1,1	$0,65 \pm 0,10$	$0,80 \pm 0,20$
^{32}P	15	1700	0,7	Нет γ	$2,0 \pm 0,4$
^{33}P	25	250	Нет	»	$8,4 \pm 3,0$
			данных		
^{35}S	87	167	2,3	»	$7,7 \pm 4,0$
^{45}Ca	153	255	0,3	»	1,0

Коэффициенты распределения изотопов ^7Be , ^{22}Na , ^{32}P , ^{35}S , ^{45}Ca Таблица 2

Грунт	K_p (погрешность ~ 10%)				
	^7Be	^{22}Na	^{32}P	^{35}S	^{45}Ca
Суглинок:					
алювиальный	1600	0,8	—	2,3	11
озерный	360	0,5	18	0,6	5
моренный	1400	0,2	—	0,5	14
Песок:					
крупный	50	0,8	16	0,6	5
пылеватый	350	1,2	—	0,4	4

чения было измерено содержание изотопа ^{22}Na в грунтах. Оказалось, что удельная активность ^{22}Na в грунтах — в 200 раз превышает экспериментально полученную удельную активность ^{22}Na в грунтовой воде. Как показывают оценки, удельная активность трития в воде и грунте после облучения их в одинаковых условиях будет приблизительно одинаковой.

В естественном залегании водоносные слои состоят из твердой фазы (85%) и воды (15%). Поэтому при облучении водоносного слоя непосредственно в твердой фазе трития будет образовываться в шесть раз больше, чем в жидкой фазе, а ^{22}Na — в 1200 раз.

Тритий, образующийся в грунте, полностью вымывается грунтовыми водами [4], натрий на 10—20% [4,5]. Количество трития, поступившего в грунтовую воду за счет вымывания из грунта, будет в шесть раз больше, чем трития, образующегося в результате активации самой воды, а ^{22}Na более чем в 100 раз.

Таким образом, опасность загрязнения подземных вод будет определяться активацией самого грунта с последующим вымыванием радиоэлементов грунтовыми водами. Активацию грунтовых вод можно практически не учитывать.

Авторы выражают благодарность В. Н. Лебедеву за поддержку работы.

Поступило в Редакцию 23/XII 1975 г.

УДК 577.3:539.12.04

Влияние предпосевного гамма-облучения семян на урожайность и продуктивность томатов открытого грунта в условиях МНР

ВОЛОЖ Д. (НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ РАСТЕНИЕВОДСТВА И ЗЕМЛЕДЕЛИЯ, ДЗУН-ХАРА),
ЖАМЬЯНСУРЭН Д. (ИНСТИТУТ ФИЗИКИ И ТЕХНИКИ АН МНР, УЛАН-БАТОР)

В последние годы проведено много исследований по предпосевному облучению семян сельскохозяйственных культур γ -квантами для повышения урожайности. Факт стимулирующего влияния малых доз облучения и исследование закономерностей биологического действия ионизирующих излучений представляет интерес с теоретической и практической точек зрения [1—9]. Эффект стимулирования и радиочувствительность сельскохозяйственных растений [интенсивно] изучались с разных аспектов [10—14].

Облучение семян вызывает изменение физиологических и биохимических процессов [8, 15—17, 18, 19]. Как известно, эффект облучения зависит от ряда факторов, в частности от температуры, концентрации кислорода во время облучения и различных географических зон.

В связи с этим были начаты эксперименты по предпосевному облучению ряда растений в условиях Монголии.

Материал и методика. Влияние предпосевного γ -облучения на урожайность и биохимические изменения плодов изучалось на скороспелых сортах томатов. Опыты проводились на опытном поле Научно-исследовательского института растениеводства и земледелия в г. Дзун-Хара в 1971—1973 гг. для выявления оптимальной дозы облучения семян томатов в целях повы-

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мури́н Б. П. В сб.: Труды Радиотехнического института. Вып. 16. М., изд. РТИ, 1974, с. 4.
2. Hoyer F. CERN 68-42, 1968.
3. Gabriel T., Santoro R. «Trans. Amer. Nucl. Soc.», 1974, v. 14, № 2, p. 892.
4. Awshalom M. e.a. «IEEE Trans. Nucl. Sci.», 1971, v. NS-18, № 3, p. 739.
5. Александров А. А. и др. «Атомная энергия», 1973, т. 34, вып. 3, с. 177.
6. Middelkoop W. CERN BT/66-3, 1966.
7. Thomas R. UCRL-20131, 1970, p. 24.
8. Комочков М. М., Тетерев Ю. Г. Препринт ОИЯИ, P16-6314, Дубна, 1972.
9. Гусев Н. Г. Дозиметрические и радиометрические методики. М., Атомиздат, 1966.
10. Нормы радиационной безопасности. НРБ—69. М., Атомиздат, 1972.
11. Чураев Н. В. Ильин Н. И. Радиоиндикаторные методы исследования движения подземных вод. М., Атомиздат, 1973.
12. Higgins G. «J. Geoph. Res.», 1959, v. 64, № 10, p. 1509.

шения урожайности и улучшения их качества в резко континентальном климате МНР.

В опыте использовались сухие семена томата сорта «Невский», районированного в основных земледельческих зонах Монголии. Повторность опыта двухкратная, семена получены из урожая 1970—1972 гг. Источником облучения служил ^{137}Cs мощностью дозы 56 Р/ч. Суммарные экспозиционные дозы облучения составляли 0,1; 0,5; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0 и 7 кР. Семена высевались через семь суток после облучения по принятой для этих культур методике. Контролем служили растения из необлученных семян томатов.

В качестве критерия стимулирующего действия γ -квантов исследовали всхожесть семян, число плодов, получаемых с одного растения, среднюю массу и урожайность плодов, содержание сухого вещества и общего сахара. Всхожесть семян выражена в процентах, урожайность плодов в ц/га. Количество сухого вещества определяли весовым методом, общего сахара — по Бертрану.

Предварительные результаты и их обсуждение. На рис. 1 показана зависимость всхожести семян от дозы облучения. Как видно, всхожесть семян уменьшается по мере увеличения суммарной экспозиционной дозы облучения и при 7,0 кР понижается почти на 60%.