

**ВЛИЯНИЕ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ НА МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ  
СВОЙСТВА ПОЧВЫ  
(на примере серо-бурой почвы Абшерона)**

**А.А.ПАНАХОВА**

*Институт Радиационных Проблем  
Национальной Академии Наук Азербайджана,  
aytekinpenahova@rambler.ru*

*Исследовано влияние  $\gamma$ -излучения дозами 1,5, 10 и 20 кГр на микробиологическое состояние серо-бурой почвы Абшерона. Изучена радиочувствительность к гамма-излучению хемоорганотрофных бактерий, изолированных нами в 2008 г. из нефтезагрязненных почв в районе Бинагади г. Баку. Показано, что наиболее чувствительными к излучению являются эукариотные организмы - микроскопические грибы. Почвенные бактерии (углеводородокисляющие, азотофиксирующие, аммонифицирующие, спорообразующие) более устойчивы к облучению, хотя высокие дозы вызывают снижение их численности. По степени радиорезистентности микроорганизмы образуют следующий ряд: бактерии рода *Azotobacter* > спорообразующие бактерии > углеводородокисляющие бактерии > аммонификаторы > микроскопические грибы*

**Ключевые слова:**  $\gamma$ -излучения, почвенная микрофлора, радиочувствительность.

**Введение**

Почва – это уникальное природное образование, обладающее рядом свойств живой и неживой природы. Является невозобновимым природным ресурсом, так как образовалась в результате сложных природных почвообразовательных процессов на протяжении миллионов лет. Из-за огромной роли микроорганизмов в почве считается, что именно нарушение микробных сообществ может стать причиной разрушения всей экосистемы. Поэтому представляется важным своевременно обнаружить не изменения тех или иных физических или химических параметров, а изменения состояния почвенной микробиоты, влекущие за собой негативные последствия [3]. Роль каждой группы микроорганизмов в жизни почвы очень своеобразна и многогранна. Микрофлора почвы очень чутко реагирует на различные изменения почвенных условий, поэтому можно обоснованно утверждать, что микробиологические показатели в наибольшей степени подходят для ранней диагностики техногенного повреждения педосферы [2]. Чувствительность и высокая индикационная способность микроорганизмов позволяют избрать их в качестве инструмента мониторинга антропогенных изменений биосферы [9]. Показана различная чувствительность почвенных микроорганизмов к гамма-излучению и наличие особо радиорезистентных бактерий [16].

Ранее был изучен качественный и количественный состав бактерий, сформировавшийся в различных экосистемах зоны отчуждения Чернобыльской атомной электростанции (ЧАЭС) после катастрофы 1986 г., и создана коллекция хемоорганотрофных бактерий, выделенных из почв этого региона [10]. Высказано предположение, что выживаемость этих бактерий в зоне ЧАЭС обусловлена их устойчивостью к ионизирующему излучению, а селективный пресс

длительного действия ядерной радиации на почвенные бактерии в зоне ЧАЭС проявился как изменение их качественного и количественного состава [13]. Показано, что качественный и количественный состав бактерий в почвах зоны отчуждения ЧАЭС изменился в результате антропогенной радиации.

Количество источников ионизирующих излучений, воздействующих на биосферу, постоянно увеличивается, поэтому исследование в области радиобиологии и экологии актуально [7]. В последнее время возросло количество источников ионизирующих излучений (ИО), воздействующих на объекты биосферы. В то же время исследований, посвященных воздействию ИО на микрофлору почв, мало [11].

На экосистемном уровне важнейшей первичной реакцией на воздействие ионизирующего излучения является селективное угнетение и гибель наиболее радиочувствительных видов организмов. Как правило, более высокоорганизованные живые организмы обладают низкой [17], а низкоорганизованные – более высокой радиостойчивостью [12].

Целью настоящей работы является исследование  $\gamma$  - излучения дозами 1, 5, 10 и 20 кГр на численность основных групп почвенных микроорганизмов в серо-бурой почве Абшерона: бактерий – аммонификаторов, спорообразующих бактерий, углеводородокисляющих бактерий, азотофиксирующих бактерий рода *Azotobacter*, микроскопические грибы.

### **Объект и методика исследований**

Объектом исследований была загрязненная радионуклидами серо-бурая почва Абшерона, а также были взяты образцы из контрольных почв, отобранных в незагрязненных радионуклидами экосистемах с такими же климатическими и почвенными характеристиками. Образцы почв для экспериментов отбирали из пахотного слоя (0-25 см) в мае 2008 г. в Бинагадинском р-не г. Баку.

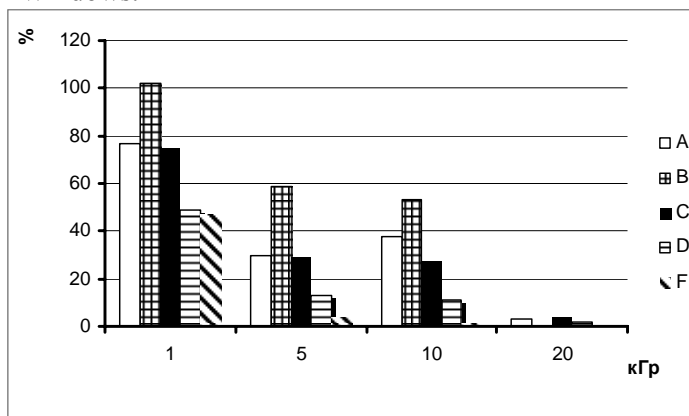
У этих почв структура слабая, содержание гумуса в верхнем слое 1-2%, вниз по профилю понижается до 0,5-0,7%, рН в верхнем слое нейтральная, вниз по профилю слабощелочная. Содержание карбонатов составляет 9-30% [1].

Образцы почвы облучали в радиационно – химической установке непрерывного действия – 20000, мощность установки-1,289 рад/сек( $\approx$ 1,3). Облучение почвы проводилось при комнатной температуре. За время облучения поглощенная доза излучения с учетом места установки образцов и времени облучения составили 1, 5, 10 и 20 кГр. Контролем служили образцы почвы, не подвергавшиеся воздействию  $\gamma$  - излучения.

Лабораторно – аналитические исследования выполняли по общепринятым методикам [4,8,14]. В воздушно-сухих облученных образцах почвы и в контрольных вариантах определяли численность почвенных микроорганизмов: углеводородокисляющих, споровых, аммонификаторов, микроскопических грибов по числу колониеобразующих единиц (КОЕ) в 5-кратной повторности методом посева почвенной суспензии на плотные питательные среды: углеводородокисляющих бактерий на среде Раймонда, аммонифицирующих бактерий на МПА, спорообразующих бактерий на мясо-пептонном сусле (МПА+СА), микромицетов на подкисленной среде Чапека. Бактерии рода *Azotobacter* учитывали методом комочков обрастания на среде Эшби.

После воздействия  $\gamma$  - излучения в 3-кратной повторности были заложены модельные эксперименты по изучению восстановления биологических свойств почвы. Облученные и контрольные образцы почвы инкубировали в стеклянных сосудах при температуре 20 - 25°C и влажности 60% от полной влагоемкости в течение 3 суток. После окончания срока инкубации во влажных образцах определяли численность микрофлоры.

Статическая обработка данных было выполнена с использованием пакета Statistica 6.0 для Windows.



**Рис. 1.** Влияние гамма-излучения на микрофлору серо-бурой почвы Абшерона, % от контроля. Обозначения: А - споровые бактерии на МПС; В - бактерии рода *Azotobacter* на среде Эшби; С - углеводородоокисляющие бактерии на среде Раймонда; D-бактерии аммонификаторы; F микроскопические грибы на среде Чапека.

### Результаты и их обсуждение

Результаты, демонстрирующие численность исследованных групп микроорганизмов в почве, а также выживаемость почвенных бактерий после влияния гамма-излучения на микрофлору серо-бурой почве Абшерона представлены на рис. 1 и табл. 1.

Наиболее чувствительными к воздействию излучения оказались микроскопические грибы, что отмечалось и другими исследователями [15,16]. Доза 1 кГр подавляла их численность на 47% по сравнению с контролем. На остальные исследованные группы микроорганизмов доза 1 кГр не оказало достоверного влияния (см. таблицу). Такая высокая чувствительность микроскопических грибов к ионизирующему излучению резко контрастирует с их высокой толерантностью к загрязнению тяжелыми металлами [5] и сельскохозяйственному использованию [6].

Дозы 5,10 и 20 кГр оказали достоверное подавляющее воздействие на численность всех исследованных групп микроорганизмов. На бактерий сходное влияние оказали дозы 5 и 10 кГр. Для грибов наблюдается более четкая зависимость – с увеличением дозы численность микроскопических грибов снижалась.

Согласно литературным данным [10, 12], спорообразующие бактерии являются наиболее устойчивой группой микроорганизмов к ионизирующему излучению. В то же время установлена их низкая устойчивость к химическому загрязнению (тяжелые металлы, нефть, нефтепродукты) по сравнению с другими группами почвенных микроорганизмов [4, 5].

Сразу после воздействия гамма-излучения наблюдали резкое уменьшение числа КОЕ спорообразующих бактерий (таблица 1, рис.1), аналогичное со снижением численности аммонификаторов и практически одинаковое в вариантах с дозами 1 и 5 кГр.

Доза 2 кГр оказала выраженное подавляющее воздействие на все исследованные группы микроорганизмов на 96-99.9%. На азотофиксирующие бактерии рода *Azotobacter* доза 2 кГр оказала 100-процентное подавляющее воздей-

ствие. При облучении дозами 1 и 5 кГр обилие бактерий рода *Azotobacter* после инкубирования находится на уровне контроля.

Доза 20 кГр была практически летальной для всех исследованных групп микроорганизмов. Доза 20 кГр полностью стерилизовали почву. Аналогичные данные получили S.C. Lopez, N. O. Barbaro (1988): при  $\gamma$ -облучении дозой 25 кГр микроорганизмы погибли полностью, а рост бактерий при дозе 12,5 кГр снижался на 89,9-99,9 % [15].

Таким образом, наиболее чувствительными к  $\gamma$ -излучению оказались микроскопические грибы серо-бурой почвы (отмечено выраженное подавляющее воздействие). На разные группы микроорганизмов  $\gamma$ -излучение оказало подавляющее воздействие более чем на 96%. По степени радиорезистентности к воздействию облучения исследованные микроорганизмы образуют следующий ряд: *Azotobacter* > спорообразующие бактерии > углеводородокисляющие бактерии > аммонификаторы > микроскопические грибы.

Таблица 1

**Влияние  $\gamma$ - излучения на численность микрофлоры серо-бурой почвы Абшерона**

Группа почвенных микроорганизмов, млн/г	Доза $\gamma$ - излучения, кГр	Кол-во повторностей, n	M $\pm$ m	% подавления по отношению к контролю
Бактерии – аммонификаторы	Контроль	5	2.62 $\pm$ 0.05	100
	1	5	1.30 $\pm$ 0.02	49
	5	5	0.35 $\pm$ 0.02	13
	10	5	0.31 $\pm$ 0.03	11
	20	3	0.03 $\pm$ 0.01	2
Спорообразующие бактерии	Контроль	3	1.54 $\pm$ 0.13	100
	1	3	1.20 $\pm$ 0.08	77
	5	3	0.47 $\pm$ 0.04	30
	10	3	0.59 $\pm$ 0.08	38
	20	3	0.08 $\pm$ 0.02	3
Микроскопические грибы	Контроль	5	23.8 $\pm$ 1.07	100
	1	5	11.4 $\pm$ 0.24	47
	5	5	0.95 $\pm$ 0.12	4
	10	5	0.24 $\pm$ 0.02	1
	20	5	0.01 $\pm$ 0.00	0.1
Бактерии рода <i>Azotobacter</i> , % комочков обрастания	Контроль	3	26.3 $\pm$ 0.17	100
	1	3	27.0 $\pm$ 0.00	102
	5	3	15.6 $\pm$ 0.52	59
	10	3	14.00 $\pm$ 0.88	53
	20	3	0.08 $\pm$ 0.00	0.3
Углеводородокисляющие бактерии	Контроль	5	1.52 $\pm$ 0.12	100
	1	3	1.15 $\pm$ 0.07	75
	5	3	0.45 $\pm$ 0.01	29
	10	3	0.42 $\pm$ 0.01	27
	20	3	0.06 $\pm$ 0.00	4

**Выводы**

1. Наиболее чувствительными к ионизирующему излучению являются эукариотические организмы – микроскопические грибы. Исследованные дозы оказывают выраженное подавляющее воздействие, бактерии более устойчивы к облучению, что отмечали и другие авторы для различных типов почв [10-13, 15,16].

2. Прокариотические организмы - бактерии разных групп – более устойчивы к облучению. Спорообразующие бактерии устойчивы к дозе 5 кГр, для остальных доз получено достоверное подавляющее воздействие. Для аммонифицирующих бактерий отмечена неоднозначная реакция на облучение.
3. Доза 20 кГр оказывает подавляющее воздействие более чем на 96% на все исследованные группы микроорганизмов. На азотфиксирующие бактерии рода *Azotobacter* эта доза облучения оказало 100-процентное подавляющее воздействие.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Azərbaycan torpaqlarının morfo-genetik profili. 2004, s. 185-190.
2. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем // Под ред. Р.Шуберга. М.: Мир, 1988.
3. Звягинцев Д.Г. Микроорганизмы и охрана почв // МГУ, 1989, с. 129-150.
4. Казеев К.Ш., Колесников С.И., Вальков В.Ф. Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследований. Ростов-на-Дону: Ростов. ун-т, 2003, 204 с.
5. Колесников С.И., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф. Влияние загрязнения тяжелыми металлами на эколого-биологические свойства чернозема обыкновенного // Экология, 2000, №3, с. 193-201.
6. Колесников С.И., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф. Экологические последствия загрязнения тяжелыми металлами//Ростов-на-Дону: СКНЦ ВШ, 2000, 232 с.
7. Кудряшов Ю.Б. Радиационная биофизика (ионизирующие излучения) / Под ред. В.К.Мазурика, М.Ф.Ломанова. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004, 448 с.
8. Методы почвенной микробиологии и биохимии. // Под ред. Д.Г.Звягинцева. М.: МГУ, 1991, 304 с.
9. Никитина З.И. Микробиологический мониторинг наземных экосистем. Новосибирск: Наука, Сиб. отд., 1991, 222 с.
10. Романовская В.А., Столяр С.М., Малашенко Ю.Р., Шатохина Э.С. Влияние длительного действия радиации на разнообразие гетеротрофных бактерий в почвах 10-км зоны ЧАЭС // Микробиол. журн. 1996. т. 58, №5, с. 3-11.
11. Романовская В.А., Соколов И.Г., Рокитко П.В., Черная Н.А., Экологические последствия радиоактивного загрязнения для почвенных бактерий в 10-км зоне ЧАЭС // Микробиология. 1998, т. 67, №2, с. 274-280.
12. Сафязов Ж. Действие ионизирующих излучений на спороносные бактерии. Ташкент: ФАН, 1971, 100 с.
13. Чувствительность к стрессовым факторам почвенных бактерий, изолированных из зоны отчуждения Чернобыльской АЭС // В.А.Романовская, П.В.Рокитко, Ю.Р.Малашенко и др. М.: Наука, Микробиология, 1999, т. 68, №4, с. 534-539.
14. Bergey's manual of systematic bacteriology. 9<sup>th</sup> ed. Baltimore: Williams and Wilkins Co., 1986, v. 2, 1035 p.
15. Lopez S.C., Barbaro H.I.J. Efecto de la irradiacion y el autoclavado sobre el fosforo extractable e intercachable de los suelos // Cienc. Suelo. 1988, v. 6, №2, p. 159-161.
16. McNamara N.P., Black H.I.J., Beresford N.A., Parekh N.R. Effects of acute gamma irradiation on chemical, physical and biological properties of soils // Appl. Soil ecology. 2003, v.24, №2, p. 117-132.
17. Sanders S.W., Maxcy R.B. Isolation of radiation-resistant bacteria without exposure to radiation // Appl. Environ. Microbiol. 1979, v. 38, p. 436-439.

## **TORPAĞIN MİKROBİOLOJİ TƏRKİBİNƏ QAMMA ŞÜALARIN TƏSİRİ (Abşeronun boz-qonur torpağının misalında)**

**A.Ə.PƏNAHOVA**

### **XÜLASƏ**

Abşeronun boz-qonur torpağının mikrobioloji tərkibinə 1,5,10 və 20 kQr dozalı qamma şüalarının təsiri tədqiq edilib. Binəqədi rayonunun cirkələnmiş zonasından 2008-ci ildə götürülmüş torpagından bizim tərəfdən xemoorganotrof bakteriyalar izolyasiya olunmuşdur və qamma şüaları ilə təsir etməklə radiohəssaslığı öyrənilmişdir. Göstərilmişdir ki, şüalanmaya daha həssas yanaşan eukariot orqanizmlərdən – mikroskopik göbələklər olmuşdur. Torpaq mikroorqanizmləri (karbohidrogenoksidləşdiricilər, azotfiksəedicilər, ammonifikatorlar və sporəmələgətirənlər) daha çox şüalanmaya davamlıdırlar, lakin yüksək dozada onların sayı azalır. Radiorezistentlik dərəcəsinə görə mikroorqanizmlər bu cür ardıcılıq yaradır: Azotobacter cinsli bakteriyalar > sporəmələgətirən bakteriyalar > karbohidrogen oksidləşdiricilər > ammonifikatorlar > mikroskopik göbələklər.

## **THE INFLUENCE OF GAMMA RADIATION ON THE MICROBIOLOGICAL PROPERTIES OF SOIL (USING THE EXAMPLE OF GREY-BROWN SOIL IN ABSHERON)**

**A.A.PANAHOVA**

### **SUMMARY**

The effects of gamma radiation on the microbiological status of the grey-brown soil at doses of 1,5,10 and 20 kQr were studied. The hemoorganotrophics bacteria isolated in 2008 from soil sampled in the zone Binaqadi were studied with respect to their radio sensitivity to gamma radiations. Microscopic fungi (eukaryotic organisms) were shown to be the most sensitive to gamma radiation. The soil bacteria (oil oxidizing bacteria, nitrogen-fixing, ammonifying and spore-forming) were more resistant to the irradiation, although high doses caused a reduction in their populations. On a degree of radio resistance microorganisms have formed the following number: nitrogen-fixing bacteria > spore-forming bacteria > oil oxidizing bacteria > ammonifying > microscopic fungi.