Полученные результаты показали, что среди опрошенных подростков имеются лица со сниженной психологической адаптацией, об этом говорит отклонение уровня депрессии и тревожности от нормальных значений. В результате проведенного анализа выявлено, что наиболее часто отклонения от нормального уровня депрессии и тревожности встречается у девочек.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Савинцев Е.И.* Влияние уровня тревожности на самооценку подростков // Старт в науке. – 2019. – № 3–1.
2. *Хасуев А.Э.* Социальная изоляция и самоизоляция человека: социально-философский анализ // Экономические и гуманитарные исследования регионов. 2020. № 2. С. 122–128.
3. *Игнатова Е. С., Голубева Н. Ю., Дьячков А. А.* Взаимосвязь рефлексивных способностей и обсессивных проявлений у лиц с высоким уровнем реактивной тревожности // Вестник Санкт-Петербургского военного института войск национальной гвардии. — 2021. — № 1 (14). — С. 71–73.
4. *Beck A. T.* et al. An Inventory for Measuring Depression //Archives of general psychiatry. – 1961. – Т. 4. – № 6. – С. 561–571.

АНАЛИЗ БИОХИМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ЧИСТЫХ КУЛЬТУР СПОРООБРАЗУЮЩИХ БАКТЕРИЙ РОДА BACILLUS, НАХОДИВШИХСЯ ПОД ДЛИТЕЛЬНЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

ANALYSIS OF THE BIOCHEMICAL ACTIVITY OF PURE CULTURES OF SPORE-FORMING BACTERIA OF THE GENUS BACILLUS UNDER PROLONGED EXPOSURE TO IONIZING RADIATION

***С. В. Мальцева*[1], *Е. Р. Грицкевич*[1], *И. Э. Бученков*[1], *А. Г. Сыса*[1], *Х. Д. А. Ахмед*[1]**

***S. V. Maltseva*[1], *E. R. Gritskevitch*[1], *I. E. Buchenkov*[1], *A. G. Sysa*[1], *H. D. A. Ahmed*[1]**

[1]Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ, г. Минск, Республика Беларусь

sveta.malceva28@mail.ru, gritskevitchev@mail.ru, butchenkow@list.ru, aliaksei.sysa@iseu.by, haidar.alamer@gmail.com

[1]International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU, Minsk, Republic of Belarus

В данной работе представлены результаты исследований биохимической активности бактерий рода *Bacillus* (*Bacillus subtilis*, *Bacillus thuringiensis*, *Bacillus mycoides* и *Bacillus cereus*), находящихся под длительным воздействием ионизирующего излучения. Было выявлено, что высокий уровень активности ферментов, способных расщеплять крахмал отмечается у микроорганизмов, выделенных из почв ББЗ. Максимальный уровень амилолитической активности отмечается у *Bacillus subtilis* (зона гидролиза крахмала 9±0,2 мм на 3 сутки), выделенных из почв ББЗ. Анализ протеолитической активности основных представителей рода *Bacillus*, выделенных их почв модельных территорий, показал, что наибольший уровень внеклеточных протеолитических ферментов, способных расщеплять казеин, наблюдался у бактерий находящихся в пробах почв ББЗ. Максимальный уровень протеолитической активности наблюдался у *Bacillus subtilis* (зона гидролиза казеина 7±0,02), выделенный из почв той же местности.

This paper presents the results of studies of the biochemical activity of bacteria of the genus *Bacillus* (*Bacillus subtilis*, *Bacillus thuringiensis*, *Bacillus mycoides* and *Bacillus cereus*) under prolonged exposure to ionizing radiation. It was found that a high level of activity of enzymes capable of splitting starch is observed in microorganisms isolated from the soils of the BBZ. The maximum level of amylolytic activity is observed in *Bacillus subtilis* (starch hydrolysis zone 9± 0.2 mm on day 3) isolated from the soils of the BBZ. Analysis of the proteolytic activity of the main representatives of the genus *Bacillus*, isolated from their soils of model territories, showed that the highest level of extracellular proteolytic enzymes capable of cleaving casein was observed in bacteria in samples of BBZ soils. The maximum level of proteolytic activity was observed in *Bacillus subtilis* (casein hydrolysis zone 7±0.02) isolated from soils of the same area.

Ключевые слова: бактерии рода *Bacillus*, ионизирующее излучение, амилолитическая активность, протеолитическая активность.

Keywords: bacteria of the genus *Bacillus*, ionizing radiation, amylolytic activity, proteolytic activity.

https://doi.org/10.46646/SAKH-2023-1-157-160

Загрязнение почв в настоящее время становится одной из наиболее острых экологических проблем. Основным фактором загрязнения почвенного слоя являются техногенные загрязнители, образующиеся практически в каждой сфере деятельности человека. Их воздействие приводит не только к загрязнению почвы, но и к изменению её состава, структуры, а порой и к полному уничтожению.

К настоящему времени сложилось представлении о том, что трансформация различного рода техногенных загрязнителей в почве определяется характером естественного энзимологического комплекса почвы. Поэтому ферментная активность микроорганизмов – один из важнейших показателей экологического состояния почв[2].

Крупнейшая ядерная авария, произошедшая 26 апреля 1986 года в городе Чернобыль на Украине, привела к высокому загрязнению некоторых регионов Беларуси техногенными радионуклидами. Поскольку микроорганизмы составляют основной генофонд почвы, то радиационное загрязнение может приводить к значительному изменению видового разнообразия и изменению физиолого-биохимических характеристик бактерий [1].

Согласно литературным данным спорообразующие бактерии рода *Bacillus* являются наиболее устойчивой группой микроорганизмов к ионизирующему излучению, благодаря развитому ферментативному аппарату. В то же время установлена их низкая устойчивость к химическому загрязнению (тяжелые металлы, нефть, нефтепродукты) по сравнению с другими группами почвенных микроорганизмов. Поэтому изучение физиолого-биохимических свойств представителей рода *Bacillus* не теряет своей актуальности на протяжении многих лет [4].

В ходе исследования был проведён анализ биохимической активности бактерий рода *Bacillus* (*Bacillus cereus, Bacillus subtilis, Bacillus mycoides, Bacillus thuringiensis*), выделенных из почв территории Полесского государственного радиационно-экологического заповедника (ПГРЭЗ), находящихся под длительным воздействием ионизирующего излучения, и территория Березинского биосферного заповедника (естественный фоновый уровень ионизирующего излучения) (ББЗ).

Отбор проб для микробиологического анализа почв исследуемых территорий (25 м^2 каждый) проводился с использованием метода выделения микроорганизмов по «конверту» (четыре точки по углам и одна в центре). Исследование проводилось в рамках научно-исследовательского проекта «Изучение экологических особенностей функциональной активности почвенных микроорганизмов в условиях длительного воздействия ионизирующего излучения (на примере модельных территорий)» ГПНИ «Природные ресурсы и окружающая среда» Рег. № 20211336.

В ходе работы были использованы следующие методы исследования: выделение и культивирование тест-культур с использованием дифференциально-диагностической питательной среды (MYP-agar); микроскопические методы для анализа морфологических признаков, биохимические методы исследования: амилолитическая активность (гидролиз крахмала, метод Каровея), протеолитическая активность (гидролиз казеина). Об изменении биохимических свойств судили по: зоне гидролиза крахмала вокруг колонии тестовой культуры, а также количеству фермента амилазы , содержащегося в 1 мл исследуемого биологического раствора, которое расщепляет амилодекстрин (в мкг) за 1 мин при 37°С (амилолитическая активность), зоне просветления вокруг колонии тестовой культуры в мм (протеолитическая активность) [3].

Так же был проведен анализ удельной активности радионуклидов почвенных образцов исследуемых территорий. Следует отметить, что удельная активность радионуклидов в пробе №1 соответствует фоновым уровням для данных территорий. Удельная активность Cs-137 в исследуемой пробе №2 соответствует уровням загрязнения территории ПГРЭЗ (таблица 1)

Таблица 1

Результаты радиометрического анализа проб почвы (2022 г.)

№	Место отбора проб	УА Cs-137, Бк/кг
1	ББЗ	-*
2	ПГРЭЗ	1330.0±353.00

Полученные результаты согласуются с данными о поверхностной плотности загрязнения модельных территорий Цезием-137 (Атлас современных и прогнозных аспектов последствий аварии на Чернобыльской АЭС на пострадавших территориях России и Беларуси (АСПА Россия-Беларусь), 2009) (Таблица 2).

Таблица 2

Поверхностная плотность загрязнения модельных территорий Цезием-137

Место отбора проб	Уровень загрязнения почвы Цезием-137
ББЗ	Менее 3,7 кБк/м^2
ПГРЭЗ	555 кБк/м^2

В ходе анализа литической активности бактерий рода *Bacillus*, находившихся под длительным воздействием ионизирующего излучения было установлено, что высокий уровень активности ферментов, способных расщеплять крахмал отмечается у микроорганизмов, выделенных из почв ББЗ. Максимальный уровень амилолитической

активности отмечается у *Bacillus subtilis* (зона гидролиза крахмала 9±0,2 мм на 3 сутки), выделенных из почв ББЗ (рисунок 1). В тоже время отмечалось, что амилолитическая активность изучаемых представителей рода *Bacillus*, выделенных из почв ПГРЭЗ, ниже на 33 % (рисунок 2).

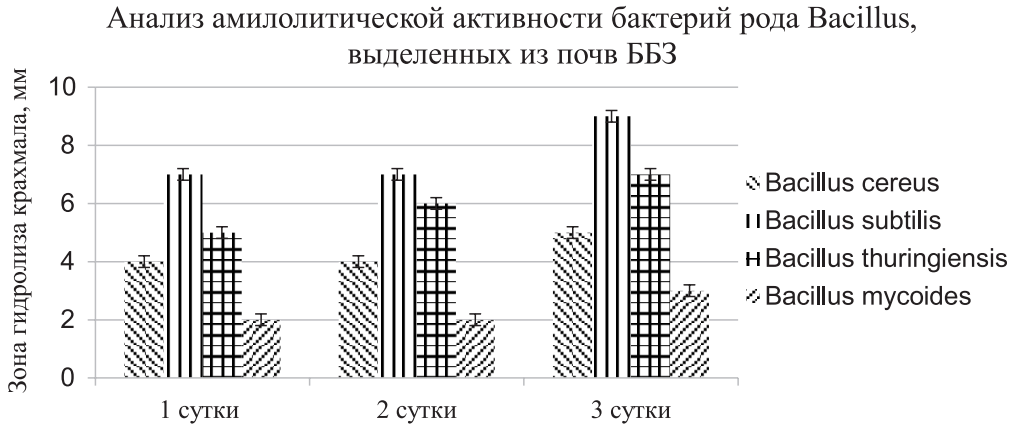

Рисунок 1 – Анализ амилолитической активности бактерий рода Bacillus, выделенных из почв ББЗ

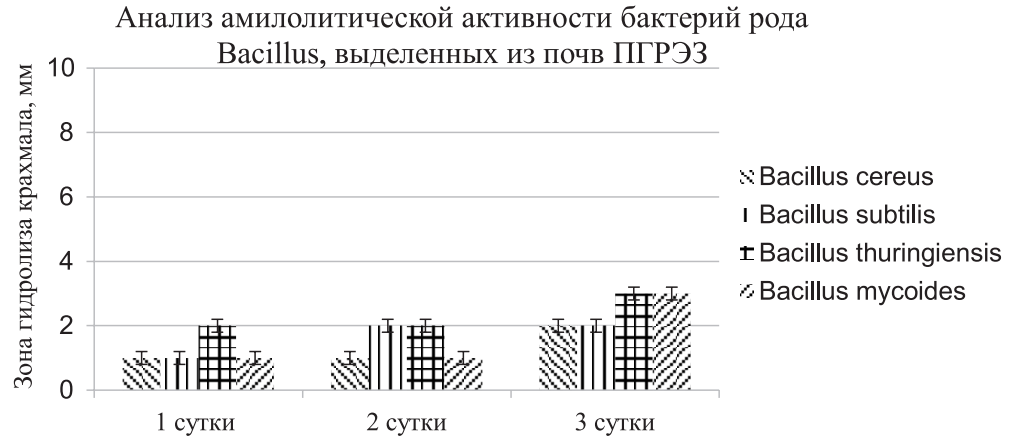

Рисунок 2 – Анализ амилолитической активности бактерий рода Bacillus, выделенных из почв ПГРЭЗ

Анализ протеолитической активности основных представителей рода *Bacillus*, выделенных их почв модельных территорий, показал, что наибольший уровень активности внеклеточных протеолитических ферментов, способных расщеплять казеин, наблюдался у бактерий находящихся в пробах почв ББЗ. Максимальный уровень протеолитической активности наблюдался у *Bacillus subtilis* (зона гидролиза казеина 7±0,02), выделенный из почв той же местности (рисунок 3). Следует отметить, что протеолитическая активность изучаемых представителей рода *Bacillus*, выделенных из почв ПГРЭЗ, была ниже на 43 % (рисунок 4).

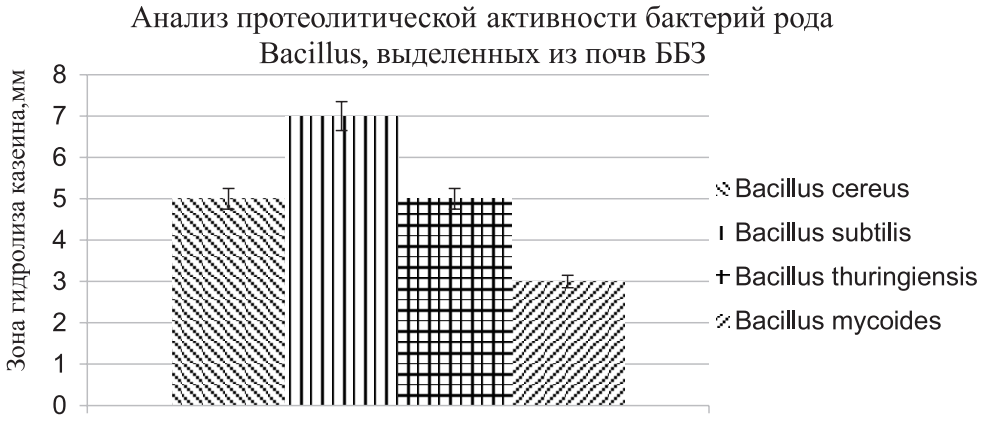

Рисунок 3 – Анализ протеолитической активности бактерий рода Bacillus, выделенных из почв ББЗ

Рисунок 4 – Анализ протеолитической активности бактерий рода Bacillus, выделенных из почв ПГРЭЗ

Таким образом, в процессе выполнения работы было установлено, что при некоторых уровнях техногенных стрессоров спорообразующие микроорганизмы рода *Bacillus* могут выступать как информативные диагностические компоненты микробиоты, быстро реагирующие на смену экологических условий изменением функциональной активности, что отражается в значительном изменении биохимических свойств микроорганизмов. Таким образом, изучение функционирования микробных комплексов почв, подвергшихся антропогенному загрязнению необходимо для комплексного экологического мониторинга.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Слинчак, А.И.* Экологические и социальные последствия радиационной катастрофы на Чернобыльской АЭС / А.И. Слинчак // Агроэкология. – 2018. – № 5. – С.98-106.

2. *Сычёв, В.Г.* Крупномасштабные радиационные аварии и загрязнение почв техногенными радионуклидами / В.Г. Сычёв, П.М. Орлов, М.И. Лунёв // Плодородие. – 2016.- № 3. – С. 30–32.

3. *Цветнова О.Б.* Биологическая активность почв сосновых фитоценозов брянского полесья в условиях радиоактивного загрязнения / О.Б. Цветнова [и др.]. // Science – 2018. – № 3. – С. 32–37.

4. *Boiko, M.* Estimation of the Genus Bacillus Bacterial Strains Antagonist Properties Against Pathogenic Mykromycetes / M. Boiko, M. Patyko, Y. Vintskovs'ka // Ann. of Adv. Agricul. Scienc. – 2017. – V. 1. – №. 2. – P. 65–69.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ИЗОТОПОВ ПЛУТОНИЯ ПО ГЛУБИНЕ В ПОЧВАХ ТЕРРИТОРИИ, ПРИЛЕГАЮЩЕЙ К ХРАНИЛИЩУ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ Г. ОБНИНСК

PLUTONIUM ISOTOPES DISTRIBUTION BY DEPTH IN SOILS AT THE VICINITY OF THE RADIOACTIVE WASTE STORAGE FACILITY IN OBNINSK

Н. О. Братухин, М. А. Эдомская, С. Н. Лукашенко, А. А. Шупик, К. Е. Шаврина

N. O. Bratukhin, M. A. Edomskaya, S. N. Lukashenko, A. A. Shupik, K. E. Shavrina

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии, ФГБНУ ВИИРАЭ,
г. Обнинск, Россия, rirae70@yandex.ru.
Russian Institute of Radiology and Agroecology, RIRAE, Obninsk, Russia, rirae70@yandex.ru.

Целью представленной работы является экспериментальная оценка распределения изотопов плутония по глубине почво-грунтов территории, прилегающей к хранилищу радиоактивных отходов (РАО) г. Обнинск. В рамках данной работы отобраны пробы в непосредственной близости от хранилища и в точках разной удаленности. На расстоянии до 25 м наблюдаются значимые (~10 Бк/кг) концентрации плутония до глубины 95 см, на расстоянии ~ 30 м до глубины 70 см. В точке, удаленной от хранилища на расстояние 200 м, изотопы плутония не обнаружены по всей глубине почвенного горизонта. Определенной зависимости распределения изотопов плутония по вертикальному профилю почв не выявлено. Хаотическое распределение плутония по глубине почвенного горизонта указывает на его поступление с грунтовыми водами.

The purpose of the presented work is an experimental assessment of the distribution of plutonium isotopes over the depth of soils in the territory adjacent to the radioactive waste storage facility (RW) in Obninsk. As part of this work, samples were taken in the immediate vicinity of the repository and at points of different remoteness. Significant (~10 Bq/kg) plutonium concentrations are observed at a distance of up to 25 m to a depth of 95 cm, and