

УДК 504.064: 546.791.2

Валяев А.М., магистр,
Коровин В.Ю., канд. хим. наук
(ИГТМ НАН Украины),
Лаврова Т.В., магистр
(УкрГМИ ГСЧС и НАН Украины)

**СРАВНЕНИЕ РАДИАЦИОННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ
С ФИЗИОЛОГИЧЕСКИМИ ПАРАМЕТРАМИ РАЗВИТИЯ ТЕСТОВЫХ
РАСТЕНИЙ НА ОБЪЕКТАХ СУХАЧЕВСКОЙ ПРОМПЛОЩАДКИ**

Валяєв О.М., магістр,
Коровін В.Ю., канд. хім. наук
(ІГТМ НАН України),
Лаврова Т.В., магістр
(УкрГМІ ДСНС и НАН України)

**ПОРІВНЯННЯ РАДІАЦІЙНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ
З ФІЗИОЛОГІЧНИМИ ПАРАМЕТРАМИ РОЗВИТКУ ТЕСТОВИХ
РОСЛИН НА ОБ'ЄКТАХ СУХАЧІВСЬКОГО ПРОММАЙДАНЧИКА**

Valyaev A.M., M.S. (Tech.),
Korovin V.Yu., Ph.D. (Chem.)
(IGTM NAS of Ukraine),
Lavrova T.V., M.S. (Tech.)
(UHMI SES of Ukraine and NAS of Ukraine)

**COMPARISON OF THE SOIL RADIOACTIVE POLLUTION WITH
PHYSIOLOGICAL PARAMETERS OF THE TEST PLANT MORPHOSIS AT
THE FACILITIES OF SUKHACHEVKA INDUSTRIAL SITE**

Аннотация. Целью работы было проведение оценки влияния хранилища урановой руды «База С» и хвостохранилища «Сухачевское» на физиологические параметры развития тестовых растений.

Приведено содержание природных и техногенных радионуклидов, мощности экспозиционной дозы гамма-излучения в местах их произрастания. Концентрацию радионуклидов U^{238} , Th^{230} , Ra^{226} , Pb^{210} , Th^{232} , K^{40} и Cs^{137} определяли с помощью низко-фонового полупроводникового HPGe гамма-спектрометра с детектором GMX40 ORTEC, мощность эквивалентной дозы гамма-излучения измеряли с помощью дозиметра ДКС 97.

Представлены результаты сравнения радиационного загрязнения почв с физиологическими параметрами развития тестовых растений. Не установлена корреляция уровня повреждения биоиндикатора с мощностью экспозиционной дозы гамма-излучения и удельной активностью радионуклидов.

Ключевые слова: хвостохранилище отходов уранового производства, хранилище урановой руды, радионуклиды, удельная активность, мощность эквивалентной дозы гамма-излучения, тестовые растения.

Для города Днепродзержинска и Днепропетровской области остро стоит проблема обращения с радиоактивными остатками уранового производства бывшего ПО «Приднепровский химический завод» (ПО «ПХЗ») - одного из крупнейших предприятий по переработке урана в Советском Союзе в период с 1948 по 1991 год [1-2].

В настоящей работе представлены результаты оценки содержания природных и техногенных радионуклидов (U^{238} , Th^{230} , Ra^{226} , Pb^{210} , Th^{232} , K^{40} и Cs^{137}), а также мощности экспозиционной дозы (МЭД) гамма-излучения на поверхности бывшего хранилища урановой руды «База С» и хвостохранилища «Сухачевское» (секция 2). На сегодняшний день из-за прекращения использования 2-й секции хвостохранилища «Сухачевское» (единственной специально спроектированной для хранения отходов уранового производства) происходит отслоение противотрационной защиты. Кроме того, из-за падения уровня воды образуются сухие пляжи с высокоактивными источниками (металлические бочки, трационная ткань и т.д.), приводящими к радиоактивному загрязнению поверхностного слоя почв. Выполнена оценка влияния мощности экспозиционной дозы гамма-излучения и удельной активности радионуклидов на физиологические параметры развития тестовых растений: сурепки обыкновенной (лат. *Barbaréa vulgáris*), шалфея (лат. *Sálvia officinális*), чистотела (лат. *Chelidónium*), редиса (лат. *Raphanus sativus*).

Актуальность исследования связана с поиском биологических индикаторов радиационного загрязнения и оценки его опасности. В рамках стратегии по приведению территории бывшего ПО «ПХЗ» в безопасное состояние, разрабатываемой совместно специалистами Украины и ЕС, вторая секция хвостохранилища «Сухачевское» рассматривается как площадка для складирования отходов реабилитационной деятельности и отходов других производств города и области. На основании вышеизложенного, очень важно иметь надежные индикаторы возможного радиационного загрязнения.

На исследуемых объектах, в местах произрастания тестовых растений согласно методике [3] отобрано 20 проб верхнего слоя почвы (10 см.) – 10 точек на хранилище урановой руды «База С» (рис. 1) и 10 точек по внутреннему контуру II секции хвостохранилища «Сухачевское» (рис. 2). В качестве контрольной точки (К) использовали почву, отобранную в районе метеостанции г. Днепродзержинска.

Географические координаты точек были определены навигатором Garmin-GPS 60. Образцы почвы отбирались по методу конверта в виде средней смешанной пробы весом ~ 2 кг с участка 5×5 м², после чего пробу гомогенизировали, отсеивали, отбирали аликвоту массой 100 г, переносили в измерительные контейнеры и герметично закрывали. Перед проведением измерений пробы выдерживали в течение 20-30 дней для установления радиоактивного равновесия между Ra^{226} и его дочерними элементами.



Рисунок 1 – Точки отбора проб на хранилище урановой руды «База С»



Рисунок 2 – Точки отбора проб на хвостохранилище «Сухачевское»

Измерения проводили на низко-фоновом полупроводниковом HPGe гамма-спектрометре с детектором GMX40 ORTEC, в соответствии с методикой [5] в лаборатории радиохимии и радиоспектрометрии УкрГМИ ДНСН и НАН Украины. Активность ^{210}Pb определяли по интенсивности гамма-линии 46,5 кэВ,

^{226}Ra путем деконволюции пика 186 кэВ учитывая парциальный вклад активности ^{235}U в площадь пика, а также по гамма-линиям дочерних элементов ^{214}Pb (295,2 и 351,9 кэВ) и ^{214}Bi (609,3 кэВ). ^{238}U и ^{232}Th (^{228}Ra) в образцах измеряли по дочерним короткоживущим радионуклидам предполагая, что они находятся в радиоактивном равновесии - ^{234}Th (63,3 кэВ) и ^{228}Ac (338,3 кэВ) для урана и тория, соответственно. Активность ^{137}Cs и ^{40}K измеряли по линиям интенсивности гамма-излучения 661,7 и 1460,7 кэВ, соответственно.

В районе каждой точки отбора специалистами ГП «Барьер» была измерена мощность эквивалентной дозы гамма-излучения (дозиметр ДКС 97) на поверхности грунта. Результаты измерений и координаты точек представлены в таблице 1.

Таблица 1 – МЭД гамма-излучения и координаты точек отбора проб

Точка отбора	МЭД, мкЗв/час	Северная широта	Восточная долгота
Хранилище урановой руды «База С»			
Б01	1,20±0,36	48 25.870	34 46.114
Б02	0,41±0,12	48 25.900	34 46.957
Б03	0,24±0,07	48 25.909	34 45.836
Б04	0,18±0,05	48 26.001	34 45.861
Б05	0,43±0,12	48 25.860	34 45.815
Б06	0,74±0,23	48 25.846	34 45.878
Б07	2,32±0,70	48 25.762	34 45.938
Б08	2,08±0,60	48 25.712	34 46.009
Б09	0,16±0,05	48 26.156	34 46.191
Б10	0,15±0,05	48 26.117	34 46.040
Хвостохранилище «Сухачевское» секция 2			
С01	0,14±0,04	48 24.885	34 42.664
С02	0,12±0,04	48 24.789	34 42.507
С03	0,11±0,03	48 24.563	34 42.332
С04	0,14±0,04	48 24.501	34 42.668
С05	0,13±0,04	48 24.613	34 42.803
С06	0,10±0,03	48 24.700	34 43.097
С07	0,11±0,03	48 24.801	34 43.565
С08	0,75±0,23	48 25.258	34 43.196
С09	0,18±0,05	48 25.493	34 43.137
С10	0,21±0,03	48 25.554	34 43.300

Как видно из представленных данных величина МЭД гамма-излучения в местах произрастания тестовых растений находятся в диапазоне 0,18-2,32 мкЗв/час для территории «Базы С» и в пределах фонового колебания 0,15-0,16 мкЗв/час за её границами (МЭД по Днепропетровской области 0,12±0,03 мкЗв/час [4]). Для точек Б01, Б06, Б07 и Б08 зафиксировано превышение МЭД от 6 до 20 раз, что связано с наличием руды в поверхностном слое почвы. В местах произрастания тестовых растений на второй секции хвостохранилища «Сухачевское» величина МЭД гамма-излучения находятся в диапазоне 0,10-0,75 мкЗв/час. Незначительное превышение зафиксировано для точек и С01,

С04, С05, С09 и С10. Для точки С08 значительное превышение фонового значения связано с локальным загрязнением, возникшим вследствие рассыпания или разлива радиоактивного материала, в остальных точках величина МЭД гамма-излучения находится на уровне фона.

В таблице 2 и на рисунке 3 представлены результаты измерения удельной активности природных и техногенных радионуклидов (U^{238} , Th^{230} , Ra^{226} , Pb^{210} , Th^{232} , K^{40} и Cs^{137}) в местах произрастания тестовых растений на хранилище урановой руды «База С».

Таблица 2 – Удельная активность радионуклидов хранилища урановой руды «База С»

Точка отбора пробы	Удельная активность радионуклида, кБк/кг						
	U^{238}	Th^{230}	Ra^{226}	Pb^{210}	Th^{232}	K^{40}	Cs^{137}
Б01	4,32±1,08	4,93±2,46	3,4±0,85	3,57±0,89	0,04±0,02	0,49±0,12	-
Б02	0,69±0,17	0,6±0,19	0,54±0,13	0,52±0,13	0,05±0,01	0,52±0,13	-
Б03	0,99±0,25	1,41±0,71	0,74±0,18	0,78±0,2	0,04±0,01	0,53±0,13	0,05±0,01
Б04	0,19±0,05	0,18±0,09	0,19±0,05	0,18±0,05	0,03±0,01	0,58±0,15	0,05±0,01
Б05	1,12±0,28	1,29±0,65	0,92±0,23	0,86±0,21	0,03±0,01	0,55±0,14	0,07±0,02
Б06	11,8±2,95	12,0±5,98	9,66±1,49	5,68±1,42	0,16±0,04	0,17±0,17	-
Б07	13,2± 2,29	14,1±1,6	12,7±3,17	8,30±2,09	0,51±0,13	0,19±0,19	-
Б08	2,48±0,62	3,26±0,81	2,24±0,56	1,75±0,44	0,07±0,02	0,44±0,12	-
Б09	0,15±0,04	0,2±0,1	0,12±0,03	0,13±0,03	0,04±0,01	0,56±0,14	0,02±0,01
Б10	0,12±0,03	-	0,12±0,03	0,14±0,04	0,03±0,01	0,51±0,13	0,07±0,02
К*	0,03±0,01	-	0,04±0,01	0,03±0,01	0,02±0,01	0,42±0,1	-

* контрольная точка

В таблице 3 и на рисунке 4 представлены результаты измерения содержания природных и техногенных радионуклидов в местах произрастания тестовых растений на хвостохранилище «Сухачевское» секция 2.

Таблица 3 – Удельная активность радионуклидов хвостохранилища «Сухачевское» секция 2

Точка отбора пробы	Удельная активность радионуклида, кБк/кг						
	U^{238}	Th^{230}	Ra^{226}	Pb^{210}	Th^{232}	K^{40}	Cs^{137}
С01	0,04±0,01	0,05±0,05	0,07±0,02	0,08±0,02	0,03±0,01	0,54±0,13	-
С02	0,04±0,01	0,05±0,05	0,05±0,01	0,05±0,01	0,04±0,01	0,55±0,14	-
С03	0,04±0,01	0,05±0,03	0,05±0,01	0,05±0,01	0,04±0,01	0,50±0,13	-
С04	0,04±0,01	0,05±0,04	0,03±0,01	0,07±0,02	0,04±0,01	0,59±0,15	-
С05	0,04±0,01	0,06±0,04	0,03±0,01	0,06±0,02	0,04±0,01	0,51±0,13	-
С06	0,04±0,01	-	0,04±0,01	0,08±0,02	0,03±0,01	0,54±0,14	-
С07	0,04±0,01	0,05±0,04	0,04±0,01	0,09±0,02	0,04±0,01	0,51±0,13	-
С08	0,29±0,07	1,50±0,75	3,93±0,98	3,04±0,76	0,04±0,01	0,18±0,05	-
С09	0,04±0,01	0,08±0,06	0,07±0,02	0,12±0,03	0,04±0,01	0,55±0,14	0,03±0,01
С10	0,04±0,01	0,10±0,06	0,07±0,02	0,11±0,03	0,04±0,01	0,54±0,13	0,03±0,01
К*	0,03±0,01	-	0,04±0,01	0,03±0,01	0,02±0,01	0,42±0,10	-

* контрольная точка

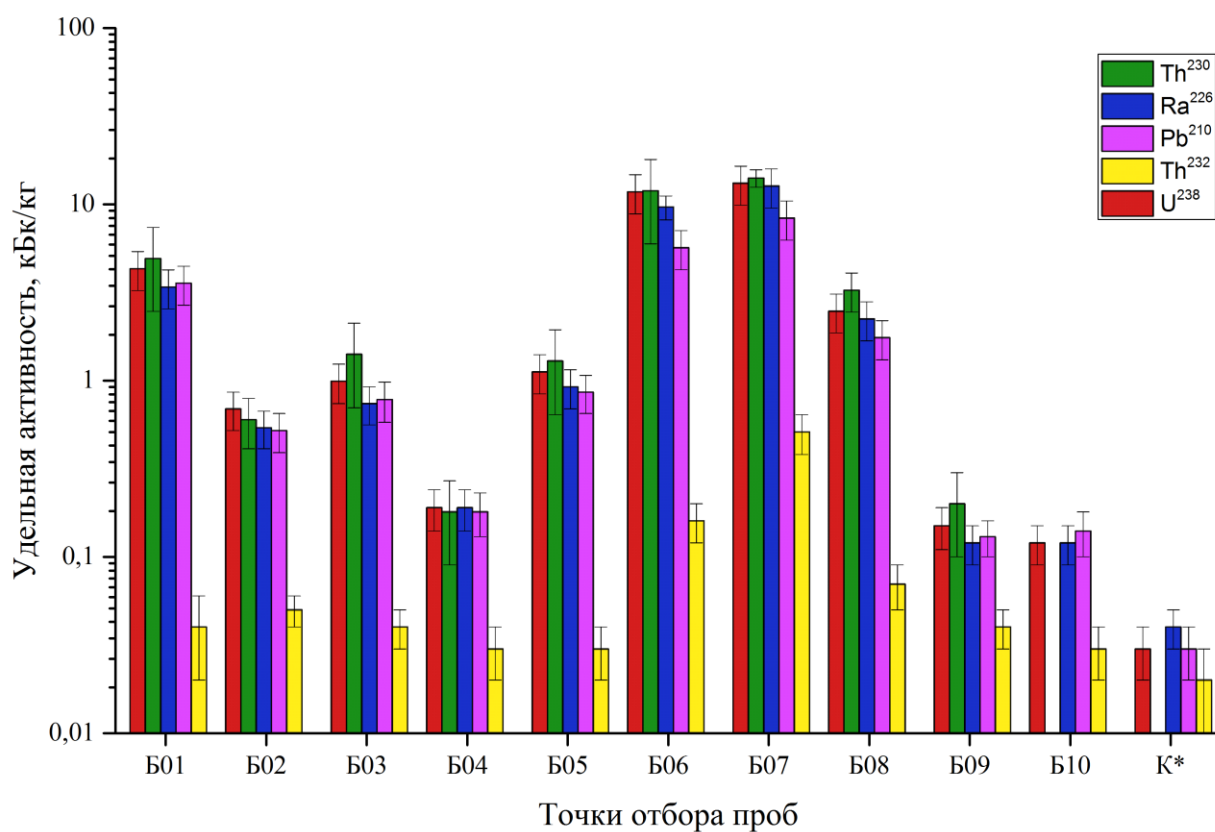


Рисунок 3 – Распределение удельной активности радионуклидов на поверхности хранилища урановой руды «База С»

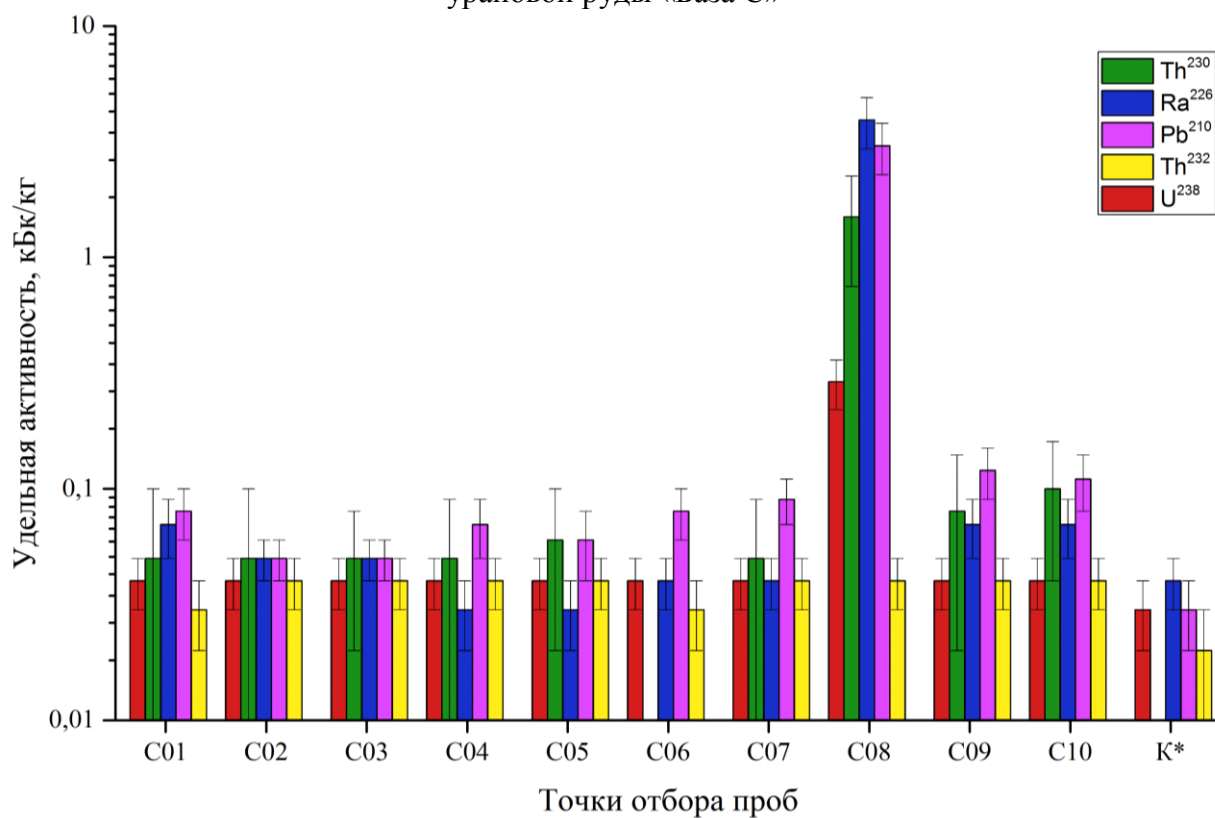


Рисунок 4 – Распределение удельной активности радионуклидов на поверхности хвостохранилища «Сухачевское» секция 2

Удельная активность радионуклидов в точках отбора проб на хранилище урановой руды «База С» (кБк/кг):

- уранового ряда: $U^{238} = 0,03 \div 13,2$, $Th^{230} = 0,03 \div 14,9$, $Ra^{226} = 0,04 \div 12,7$, $Pb^{210} = 0,3 \div 0,35$;

- ториевого ряда: $Th^{232} = 0,02 \div 0,51$;

Cs^{137} и K^{40} на уровне фона.

Удельная активность радионуклидов на поверхности хранилища урановой руды «База С» обусловлена наличием остатков урановой руды, о чем свидетельствует практически равновесное состояние активности радионуклидов цепи распада U^{238} . Такое природное соотношение активности наблюдается и на исследованных участках внутреннего контура хвостохранилища «Сухачевское». При этом активность изотопов U^{238} , Ra^{226} , Pb^{210} здесь практически на порядок меньше значений удельной активности, которые наблюдаются на территории хранилища «База С» и незначительно выше фонового уровня, что дает основания говорить об отсутствии загрязнения на данных участках. На загрязненных участках хвостохранилища «Сухачевское» (точки С08, С09 и С10) природное равновесие между радионуклидами уранового семейства нарушено. Наблюдается уменьшение активности U^{238} при увеличении активности его дочерних радионуклидов Th^{230} , Ra^{226} , Pb^{210} . Это свидетельствует о нахождении остатков уранового производства на поверхности хвостохранилища, а значит и об ухудшении качества его покрытия.

Следует отметить, что вся территория хранилища «База С» и внутреннего контура хвостохранилища «Сухачевское» имеет 100% проективное покрытие, образованное травянистой и полукустарниковой растительностью, что значительно затрудняет процессы ветрового подъема и аэрозольного переноса загрязнения. Расположенные на расстоянии 100 и 200 м лесные полосы с хорошо развитой древесной растительностью создают дополнительные преграды для предотвращения переноса загрязнения воздушным путем на территорию близлежащих населенных пунктов.

Ниже приведены результаты влияния загрязнения почв на территории хранилища урановой руды «База С» и второй секции хвостохранилища «Сухачевское» на стерильность пыльцы тестовых растений сурепки обыкновенной (лат. *Barbaréa vulgáris*), шалфея (лат. *Sálvia officinális*) и чистотела (лат. *Chelidónium*) [6] (табл. 4).

Согласно [6] в точках отбора проб на территории хранилища урановой руды «База С» были отмечены следующие уровни повреждения биоиндикатора:

- низкий для точек Б08 и Б10;
- ниже среднего для точек Б01, Б02 и Б07;
- средний для точки Б09;
- максимальный для точек Б03, Б04, Б05 и Б06.

Максимальное значение стерильности пыльцы – 33,63 %, минимальное – 1,62 %.

В точках отбора проб на территории второй секции хвостохранилища «Сухачевское» были отмечены следующие уровни повреждения биоиндикатора:

- средний для точки С06;
- выше среднего для точек С01 и С05;
- высокий для точки С09;
- максимальный для точек С02, С03, С04, С07, С08 и С10.

Максимальное значение стерильности пыльцы – 80,81 %, минимальное – 8,15 %.

Таблица 4 – Стерильность пыльцы тестовых растений

Точка отбора пробы	Растение	Стерильность, %	Уровень повреждения биоиндикатора
Хранилище урановой руды «База С»			
Б01	сурепка	5,97	ниже среднего
Б02	сурепка	5,34	ниже среднего
Б03	сурепка	25,43	максимальный
Б04	сурепка	32,09	максимальный
Б05	шалфей	26,51	максимальный
Б06	сурепка	33,63	максимальный
Б07	сурепка	5,52	ниже среднего
Б08	сурепка	2,07	низкий
Б09	сурепка	6,51	средний
Б10	чистотел	1,62	низкий
Хвостохранилище «Сухачевское» 2 секция			
С01	сурепка	10,92	выше среднего
С02	сурепка	71,92	максимальный
С03	сурепка	21,90	максимальный
С04	сурепка	80,81	максимальный
С05	сурепка	9,32	выше среднего
С06	сурепка	8,15	средний
С07	сурепка	23,72	максимальный
С08	сурепка	15,22	максимальный
С09	сурепка	12,30	высокий
С10	сурепка	48,88	максимальный

В целом значение стерильности пыльцы тестовых растений на хранилище урановой руды «База С» меньше, чем на второй секции хвостохранилища «Сухачевское».

Результаты [7] вегетативного теста с биоиндикатором семена редиса (лат. *Raphanus sativus*) (30 семян на одну пробу, усреднение проводили по результатам трех параллельных экспериментов) приведены в таблице 5. Оценочными показателями являлись относительное удлинение корня (ΔL_K) и относительное удлинение ростка (ΔL_p) в сравнении с контрольным образцом (К).

Из результатов тестирования на пробах верхнего слоя почвы хранилища урановой руды «База С» видно уменьшение относительного удлинения ростка и корня для всех точек. Незначительное увеличение относительного удлинения ростка отмечено только для точки Б10, которая находится за пределами хранилища.

Таблица 5 – Относительное удлинение корня и ростка

Хранилище урановой руды «База С»											
Точка	C01	C02	C03	C04	C05	C06	C07	C08	C09	C10	К
ΔL_{κ}	0,7	0,9	0,7	0,7	0,7	0,5	0,8	1,2	1,0	0,8	1,0
ΔL_{ρ}	0,7	1,0	0,8	0,7	0,7	0,8	1,3	1,0	1,1	0,8	1,0
Хвостохранилище «Сухачевское» секция 2											
Точка	Б01	Б02	Б03	Б04	Б05	Б06	Б07	Б08	Б09	Б10	К
ΔL_{κ}	0,5	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,8	0,6	0,6	1,0
ΔL_{ρ}	0,7	0,7	0,9	0,9	0,8	0,9	1,0	0,9	0,8	1,1	1,0

На пробах верхнего слоя почвы второй секции хвостохранилища «Сухачевское» видно увеличение относительного удлинения ростка для точек C07 и C09, и увеличение относительного удлинения корня для точки C08.

На основании приведенных результатов установлено угнетающее воздействие почвы с территории хранилища урановой руды «База С» и второй секции хвостохранилища «Сухачевское» на вегетацию тестового растения, с преобладающим воздействием второй секции хвостохранилища «Сухачевское».

Сопоставление данных о повреждении биоиндикатора с мощностью экспозиционной дозы гамма-излучения (рис. 5) и удельной активностью радионуклидов (рис. 6) не позволяет сделать однозначный вывод о корреляционной зависимости между этими показателями.

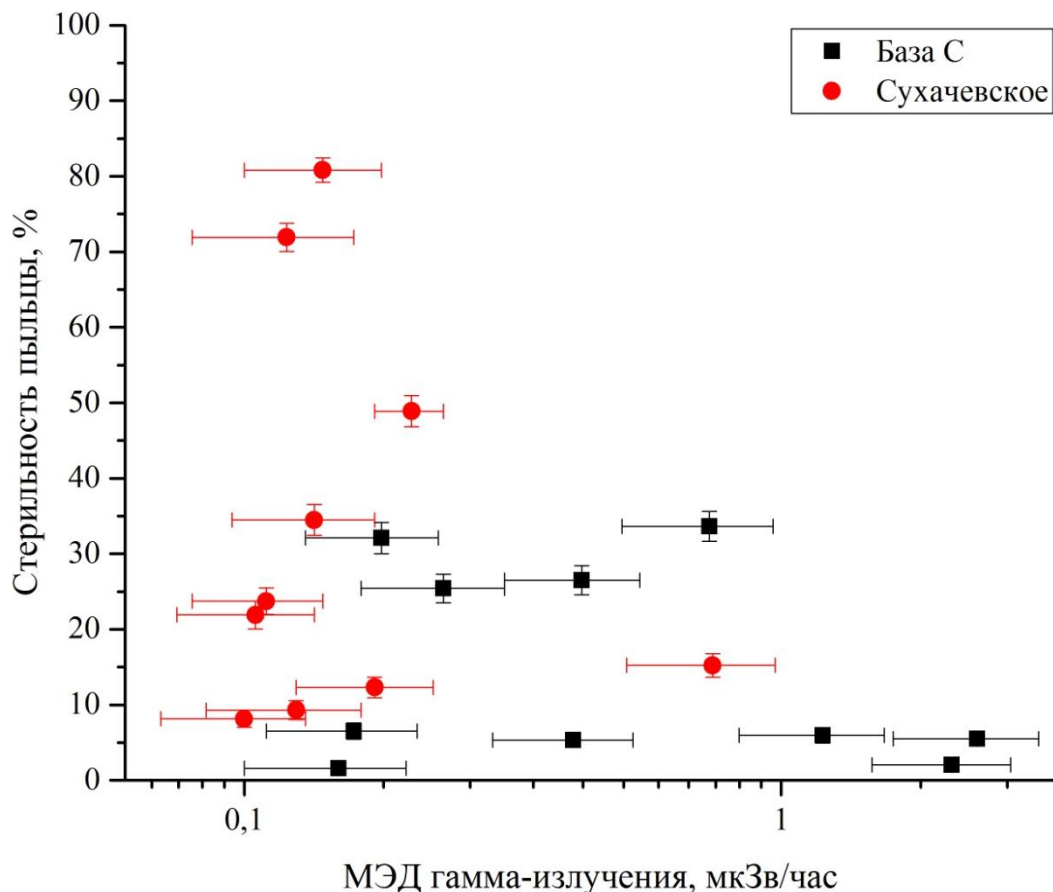


Рисунок 5 – Зависимость стерильности пыльцы от МЭД гамма-излучения

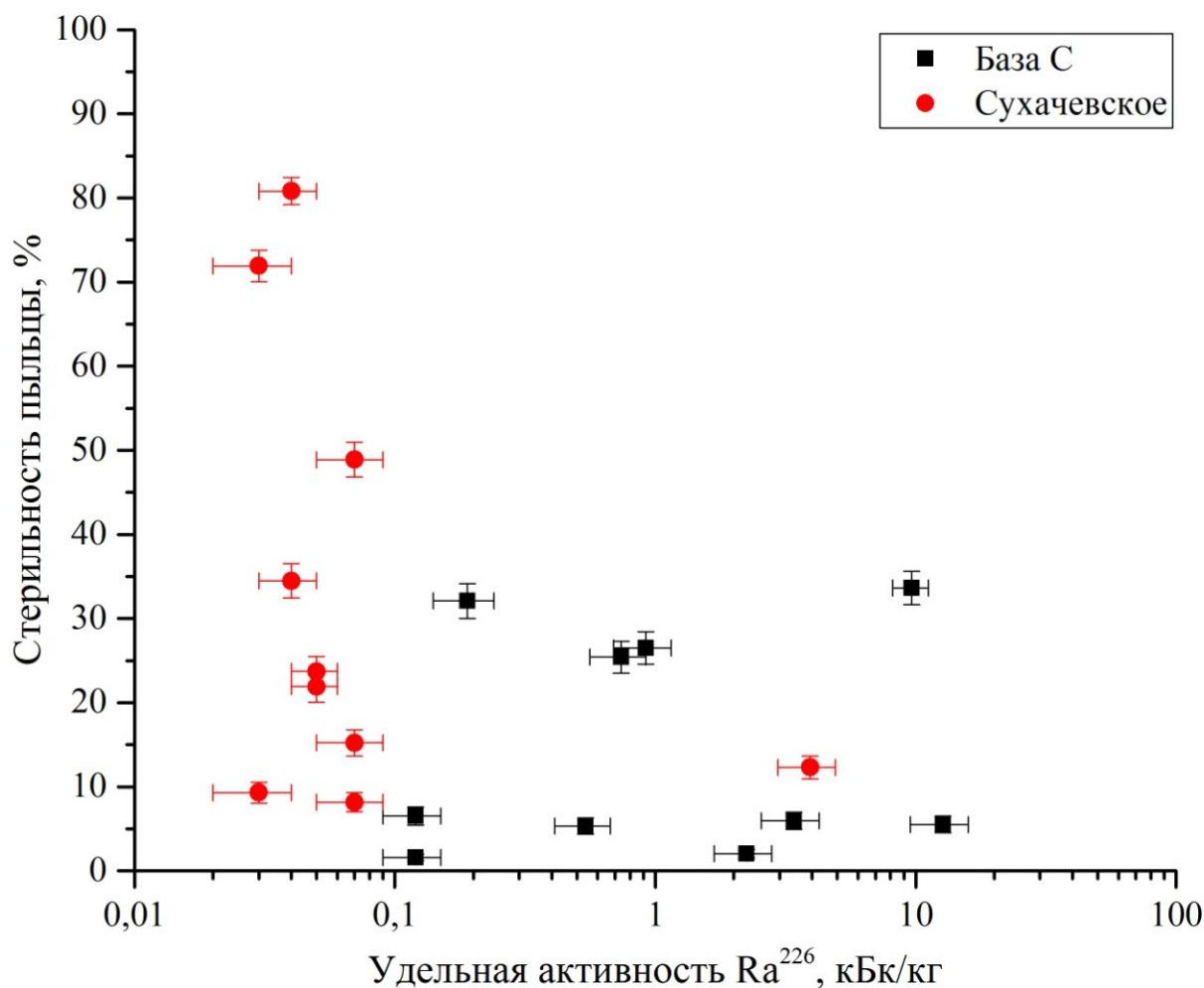


Рисунок 6 – Зависимость стерильности пыльцы от удельной активности Ra²²⁶

Для выявления факторов, влияющих на стерильность пыльцы и вегетацию тестовых растений, а также для более полной и детальной оценки ситуации на территории изучаемых объектов и получения статистически достоверной информации, необходимо проведение дополнительных исследований и применение методики биоиндикации на других радиоактивно-загрязненных территориях.

Следует отметить, что наличие остатков урановых руд на территории хранилища «База С» требует завершения процесса ремедиации данной территории, который частично был проведен ранее. Наиболее целесообразно собрать весь рудный материал вместе с загрязненными грунтами в расположенные на площадке бетонные бункера или вывезти остатки руды и загрязненного грунта на площадку временного хранения на территории хвостохранилища «Сухачевское». Это позволит, с одной стороны очистить территорию «База С» для ее возможного хозяйственного использования в будущем, а с другой сохранить возможность потенциальной переработки остатков урановых руд в будущем, когда это станет технологически и экономически целесообразным.

Учитывая что остатки урановой руды, находящиеся в хранилище «База С»,

представлены фосфоритами месторождения Меловое (Казахстан) которые кроме урана содержат редкоземельные элементы (РЗЭ), а так же рудой ВостГОКа (г. Желтые Воды) при решении вопроса о их переработке целесообразно использовать методы сепарации и обогащения, а также сорбционные и экстракционные методы селективного выделения и концентрирования целевых компонентов.

Ранее нами была показана [8] принципиальная возможность извлечения урана из хвостового материала хвостохранилища «Западное» с применением сорбционного выщелачивания из пульпы анионитом АМП. Для этих целей могут быть использованы сорбенты зарубежного производства (Cybber USX 500T, Ambersep 920U, Purolite A 500), протестированные нами [9-11] для сорбции урана из сернокислых и карбонатных сред. Для селективного извлечения урана и редкоземельных элементов могут быть использованы твердые экстрагенты ТВЭКС-ДИОМФ [12] и импрегнаты [13]. Данный опыт может быть применён при решении технологических вопросов связанных с переработкой остатков руды хранилища «База С» при проведении мероприятий по приведению этой территории к экологически безопасному состоянию.

Выводы. Сопоставление данных о повреждении биоиндикатора с мощностью экспозиционной дозы гамма-излучения и удельной активностью радионуклидов территории хранилища урановой руды «База С» и второй секции хвостохранилища «Сухачевское» не позволяет сделать однозначный вывод о корреляционной зависимости между этими показателями.

Для выявления источника влияния на состояние тестовых растений, а также для более полной и детальной оценки ситуации на территории изучаемых объектов, необходимо проведение дополнительных исследований.

Учитывая, что вторая секция хвостохранилища «Сухачевское» рассматривается как площадка для складирования отходов реабилитационной деятельности и отходов других производств необходимо иметь надежные индикаторы возможного радиационного загрязнения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Problem of radioactive pollution as a result of uranium ores processing / V. Korovin, Y. Korovin, G. Laszkiewicz [et. al] // Scientific and Technical Aspects of International Cooperation in Chernobyl: Collection of Scientific Articles / Kiev, Vyscha shkola, 2001. – P. 461-469. Available at: http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/34/023/34023916.pdf?r=1.
2. Radioactive contamination of city territory due to work of uranium-processing plant and the ways of its solution / V. Korovin, G. Shmatkov, Yu. Koshik [et. al] Proc. 10th International Symposium Loss Prevention and Safety Promotion in the Process Industries, Stockholm, 19-21 June 2001. Amsterdam – London – New-York – Oxford – Paris – Shanon – Tokyo: Elsevier, 2001. – V. 2. – P. 1215 – 1223.
3. ДСТУ 7080:2009 Якість ґрунту. Проведення польових дослідів. Основні вимоги. [Дійсний від 01.07.2010]. – Офіц. Видання. – Київ: Держстандарт, 2009. – 18 с.
4. ЧЕРНОБЫЛЬ, ПРИПЯТЬ, ЧЕРНОБЫЛЬСКАЯ АЭС И ЗОНА ОТЧУЖДЕНИЯ [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://chornobyl.in.ua/radiacionniy-fon-ukraine.html>. – Загл. с экрана.
5. ДСТУ ISO 10703-2001 Захист від радіації. Визначання об'ємної активності радіонуклідів методом гамма-спектрометрії з високою роздільною здатністю (ISO 10703:1997, IDT) [Дійсний від 01.07.2003]. - Офіц. Видання. – Київ: Держстандарт, 2003. – 12 с.
6. Валяев, А.М. Оценка влияния сухачевской промплощадки на стерильность пыльцы тестовых растений / А.М. Валяев, А.В. Павличенко, А.И. Горюва // Неделя эколога – 2015: Доклады междуна-

родного научного симпозиума, 13-16 апреля 2015 г. Днепродзержинск: ДГТУ, 2015. – С. 214-215 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.dstu.dp.ua/konf/info/2015/tezis.rar>

7. Валяев, А.М. Оценка влияния сухачевской промплощадки на вегетацию тестовых растений / А.М. Валяев, А.И. Горювая // Неделя эколога – 2015: Доклады международного научного симпозиума, 13-16 апреля 2015 г. Днепродзержинск: ДГТУ, 2015. – С. 216. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.dstu.dp.ua/konf/info/2015/tezis.rar>

8. Оценка возможности доизвлечения урана из радиоактивных отходов хвостохранилища «Западное» / Ю.Н. Сорока, А.И. Молчанов, А.А. Подрезов [и др.] // 8 Международная конференция «Сотрудничество для решения проблем отходов»: материалы, 23-24 февраля 2011 г. - [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://waste.ua/cooperation/2011/theses/soroka.html>. – Загл. с экрана.

9. Petrakova Olga. Study of uranium sorption from industrial solutions by anionites / Olga Petrakova, Vadim Y. Korovin, Alexey S. Olifirenko // IEX 2012: The International Ion Exchange Conference: proceedings, , 19-21 September 2012 – Cambridge, 2012. – P. 67-68.

10. Application of Macroporous Ionites Cybber in the Processes of Complex Uranium-Containing Raw Material Processing / V.Yu. Korovin, O.V. Petrakova, A.S. Olifirenko [et. al] – [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://inis.iaea.org/search/searchsinglerecord.aspx?recordsFor=SingleRecord&RN=45057956>. – Загл. с экрана.

11. Коровин, В. Ю. Сорбция урана анионитом CYBBER USX 500T из промышленных растворов / В.Ю. Коровин, А.Н. Тихонов, А.В. Барбанов // Новые подходы в химической технологии минерального сырья. Применение экстракции и сорбции: 2-я Российская конференция с международным участием: материалы, 3-6 июня 2013 г. Санкт-Петербург, 2013. – Ч. 2. – С. 54-56.

12. Экстракция урана ТВЭКС-ДИОМФ / В.Ю. Коровин, Ю.Г. Шестак, А.М. Валяев, Ю.Ф. Коровин // Неделя эколога – 2015: международный научный симпозиум, Днепродзержинск, 13-16 апреля 2015 г. : тезисы докладов - Днепродзержинск: ДГТУ, 2015. - С.- 250-253. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.dstu.dp.ua/konf/info/2015/tezis.rar>

13. Екстракція урану (VI) поруватим кополімером стирен–дивінілбензен, імпрегнованим каліксарен-тетрафосфіноксидом / А.П. Красноперова, Г.Д. Юхно, Д.С. Тернова [та ін.] // Доповіді Національної академії наук України. – 2013. – № 11. – С. 124-129.

REFERENCES

1. Korovin, V., Korovin Yu., Laszkiewicz, G. etc. (2001), “Problem of radioactive pollution as a result of uranium ores processing”, *Scientific and Technical Aspects of International Cooperation in Chernobyl: Collection of Scientific Articles*, Kiev, Vyscha shkola, P. 461-469, Available at: http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/34/023/34023916.pdf?r=1

2. Korovin, V, Shmatkov, G, Koshik, Yu etc. (2001), “Radioactive contamination of city territory due to work of uranium-processing plant and the ways of its solution”, *Proc. 10th International Symposium Loss Prevention and Safety Promotion in the Process Industries*, Stockholm, 19-21 June 2001. Amsterdam – London – New-York – Oxford – Paris – Shanon – Tokyo: Elsevier, 2001, vol. 2, pp. 1215 – 1223.

3. State Committee of Ukraine for Technical Regulation and Consumer Policy (2009), *DSTU 7080:2009. Yakist grunt. Provedennya polyovykh doslidiv. Osnovni vymogy* [DSTU 7080:2009. Soil Quality. Field Study Procedure], Derzhstandart, Kiev, Ukraine.

4. Chernobyl, Pripyat, Chernobyl NPP AND EXCLUSION ZONE (2016), “The radiation background in Ukraine”, available at: <http://chornobyl.in.ua/radiacionniy-fon-ukraine.html>, (Accessed 12 September 2016).

5. State Committee of Ukraine for Technical Regulation and Consumer Policy (2001), *DSTU ISO 10703-2001. Zakhyst vid radiatsii. Vyznachennya obemnoyaktivnosti radionuklidivmetodom gamma-spektrometrii vysokoyu rozdilnoyu zdatnistyu (ISO 10703:1997, IDT)* [DSTU ISO 10703-2001. Radiation Protection. Measurement of the Radionuclide Volumetric Activity Using Gamma-Spectrometry with High Resolution (ISO 10703:1997, IDT)], Derzhstandart, Kiev, Ukraine.

6. Valyaev, A.M., Pavlichenko, A.V and Gorovaya, A.I. (2015), “Assessment of the impact of sukhchevskaya industrial site on pollen sterility of test herbs”, *Tezisy dokladov mezhdunarodnogo nauchnogo simpoziuma nedelya ekologa–2015* [Abstracts of the International Scientific Symposium Week Environmentalist–2015] *Environmental Week – 2015*, Dneprodzержинsk, Ukraine, 13-16 April 2015, pp. 214-215, available at: <http://www.dstu.dp.ua/konf/info/2015/tezis.rar>.

7. Valyaev, A.M. and Gorovaya, A.I. (2015), “Assessment of the impact of sukhchevskaya industrial site on vegetation of test herbs”, *Tezisy dokladov mezhdunarodnogo nauchnogo simpoziuma nedelya ekologa–2015* [Abstracts of the International Scientific Symposium Week Environmentalist–2015] *Environmen-*

talist Week – 2015, Dneprodzerzhinsk, Ukraine, 13-16 April 2015, pp. 216, available at: <http://www.dstu.dp.ua/konf/info/2015/tezis.rar>.

8. Soroka, Yu.N., Mochanov, A.I., Podrezov, A.A., Kaulko, E.A., Korovin, V.Yu., Pogorelov, Yu.N., Merkulov, V.A. and Valyaev, A.M. (2011), “Assessing the Potential for Uranium Additional Recovery from Radioactive Waste Contained at the Zapadnoye Tailing Dump”, *Materialy 8-oy mezhdunarodnoj konferencii “Sotrudnichestvo dlja reshenija problem othodov”* [Proc. of the 8th International conference “Cooperation for Solving Problems of Wastes”], available at: <http://waste.ua/cooperation/2011/theses/soroka.html> (accessed 3 November 2016).

9. Petrakova, O., Korovin, V., Olifirenko, A. (2012), “Study of uranium sorption from industrial solutions by anionites”, *IEX 2012: The International Ion Exchange Conference*, Cambridge, UK, 19-21 September 2012, pp. 67-68.

10. Korovin, V., Petrakova, O., Olifirenko, A. and Kozlov, V. (2012), “Application of macroporous ionites Cybber in the processes of complex uranium-containing raw material processing”, *IV All-Russian Conference on chemical engineering, All-Russian Youth Conference on chemical engineering, All-Russian school on chemical engineering for young scientists and specialists*, available at: <https://inis.iaea.org/search/searchsinglerecord.aspx?recordsFor=SingleRecord&RN=45057956> (accessed 20 October 2016).

11. Korovin, V.Yu., Tikhonov, A.N., Barbanov, A.V. (2013), “Uranium sorption with CYBBER USX 500T anionite from industrial solutions”, *Materialy 2-oy Rossiyskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem “Novye podhody v khimicheskoy technologii mineralnogo syria. Primenenie sortsii I ekstraktsii”* [Proc. of the 8th Russian conference with international participation “New approaches to chemical technology of mineral raw materials. Application of sorption and extraction”], Saint-Petersburg, Russia, 3-6 June 2013, pp. 54-56.

12. Korovin, V. Yu., Shestak, Yu. G., Valyaev, A. M. and Korovin, Yu. F. (2015), “Uranium extraction by tvex-diomp”, *Tezisy dokladov mezhdunarodnogo nauchnogo simpoziuma nedelya ekologo–2015* [Abstracts of the International Scientific Symposium Week Environmentalist–2015] *Environmentalist Week – 2015*, Dneprodzerzhinsk, Ukraine, 13-16 April 2015, pp. 250-253.

13. Krasnoperova, A.P., Yukhno, G.D., Ternova, D.S., Miroshnichenko, S.I., Korovin, V.Yu., Korovin, Yu.F. and Kalchenko, V.I. (2013), “Uranium (IV) extraction by porous styrene-divinyl benzene co-polymer impregnated with calixarene tetraphosphineoxide”, *Dopovidi Natsionalnoyi Akademiyi nauk Ukrainy* [Reports of the National Academy of Sciences of Ukraine], no. 11, pp. 124-129.

Об авторах

Валяев Александр Михайлович, магистр, инженер в лаборатории новых технологий переработки сырья и промышленных отходов отдела механики эластомерных конструкций горных машин, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАНУ), Днепр, Украина, alexandr.valyaev@gmail.com.

Коровин Вадим Юрьевич, кандидат химических наук, заведующий лабораторией новых технологий переработки сырья и промышленных отходов отдела механики эластомерных конструкций горных машин, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАНУ), Днепр, Украина, sorbent2005@ukr.net.

Лаврова Татьяна Валериевна, магистр, старший научный сотрудник отдела радиационного мониторинга природной среды, Украинский гидрометеорологический институт ГСЧС и НАН Украины (УкрГМИ ГСЧС и НАНУ), Киев, Украина, lavrova@uhmi.org.ua.

About the authors

Valyaev Alexander Mikhailovich, Master of Science, Engineer of Laboratory of New Technologies for Raw and Industrial Waste Processing, Department of Elastomeric Component Mechanics in Mining Machines, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepr, Ukraine, alexandr.valyaev@gmail.com.

Korovin Vadim Yurievich, Candidate of Chemical Sciences (Ph.D.), Head of Laboratory of New Technologies for Raw and Industrial Waste Processing, Department of Elastomeric Component Mechanics in Mining Machines, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepr, Ukraine, sorbent2005@ukr.net.

Lavrova Tetiana Valeriivna, Master of Science, Researcher, Department Environmental Radiation Monitoring, Ukrainian Hydrometeorological Institute (UHMI, SESU and NASU), Kyiv, Ukraine, lavrova@uhmi.org.ua.

Анотація. Метою роботи було проведення оцінки впливу сховища уранової руди «База С» та хвостосховища «Сухачівське» на фізіологічні параметри розвитку тестових рослин.

Приведено вміст природних та техногенних радіонуклідів, потужності експозиційної дози гамма-випромінювання в місцях їх виростання. Концентрацію радіонуклідів U^{238} , Th^{230} , Ra^{226} , Pb^{210} , Th^{232} , K^{40} і Cs^{137} визначали за допомогою низько-фонового напівпровідникового HPGe гамма-спектрометра з детектором GMX40 ORTEC, потужність еквівалентної дози гамма-випромінювання вимірювали за допомогою дозиметра ДКС 97.

Наведено результати порівняння радіаційного забруднення ґрунтів з фізіологічними параметрами розвитку тестових рослин. Не встановлена кореляція рівня ушкодження біоіндикатору з потужністю експозиційної дози гамма-випромінювання та питомою активністю радіонуклідів.

Ключові слова: хвостосховище відходів уранового виробництва, сховище уранової руди, радіонукліди, питома активність, потужність еквівалентної дози гамма-випромінювання, тестові рослини.

Abstract. The work aimed to assess the impact of Baza S uranium ore storage site and Sukhachevskoye uranium mill tailing impoundment on physiological parameters of the test plant morphosis.

The content of natural and man-induced radio nuclides is given as well as exposure dose rate at the places of their growing. U^{238} , Th^{230} , Ra^{226} , Pb^{210} , Th^{232} , K^{40} and Cs^{137} concentrations were measured using HPGe low-background semi-conductor gamma-spectrometer with GMX40 ORTEC detector, exposure dose rate of gamma radiation was measured using DKS 97 dosimeter.

The paper presents the data on the soil radioactive contamination with physiological parameters of the test plant morphosis. No correlation was established between the bioindicator damage level, exposure dose of gamma radiation and radionuclide specific activity.

Keywords: uranium mill tailing impoundment, uranium ore storage site, radionuclides, specific activity, exposure dose rate of gamma radiation, test plants.

Статья поступила в редакцию 01.11.2016

Рекомендовано к публикации д-ром технических наук Четвериком М.С.