

2. Кивганов А.Ф., Голощак О.П. Антициклоны Восточной Европы. – Одесса: ТЕС, 1998. – 431с.
3. Матвеев Л.Т. Динамика облаков. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 124 с.
4. Кац А.Л. Сезонные изменения общей циркуляции атмосферы и долгосрочные прогнозы. – Л.: Гидрометеиздат, 1960. – 270 с.

**Жигайло Е.Л.**

### **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПЛОДОВ ТОМАТОВ И ПРОДУКТОВ ИХ ПЕРЕРАБОТКИ ЦЕЗИЕМ-137 НА ТЕРРИТОРИИ АР КРЫМ В УСЛОВИЯХ ОРОШЕНИЯ**

Постановка проблемы. Миграция радионуклидов аварийного выброса Чернобыльской АЭС с загрязненной водосборной территории в реки Днепроовского бассейна обуславливает актуальность оценки радиационной ситуации на землях, орошаемых водой реки Днепр. Всего в Украине водами Днепроовского каскада орошается около 1,4 млн. га земель, в южных областях – около 1,3 млн. га [4]. На территории АР Крым водами Днепроовского бассейна орошается 390 тыс. га [2]. Около 50% орошаемых угодий занято кормовыми культурами, овощи практически полностью выращивают при поливе.

В этих условиях наличие долгоживущих радионуклидов Sr и Cs в поливной воде приводит к загрязнению, как почвы орошаемых угодий, так и урожая сельскохозяйственных культур, а также продуктов их переработки. Следует отметить, что в радиоактивных выпадениях на территории Украины преобладает цезий-137.

При промышленной переработке из плодов томатов получают продукты: томатный сок, томатную пасту, кетчуп и др., которые практически ежедневно входят в рацион человека.

Наблюдаемое в настоящее время общее ухудшение экологической ситуации в Украине, неблагоприятная медицинская обстановка, вынуждают наиболее серьезно отнестись к производству высококачественных продуктов питания.

Анализ последних исследований. Проблеме радионуклидов в агроэкосистемах уделено повышенное внимание специалистов разного рода деятельности. Так в [3] рассматривается проблема загрязнения радиоцезием почв и фитомассы злаковых зерновых культур, выращиваемых в условиях Полесья. В [4] анализируются результаты полевых исследований радиационной обстановки на различных почвенных разностях для зерновых культур и многолетних трав. Многопланово освещается вопрос загрязнения агроэкосистем радионуклидами в [5].

Цель настоящей работы – моделирование загрязнения томатов и продуктов их переработки на территории АР Крым радионуклидами цезия-137, разработка рекомендаций по снижению радиоцезия в плодах томатов и продуктах их переработки с применением химической мелиорации.

Моделирование переноса радионуклидов в сельскохозяйственных экосистемах выполнялось на основе модифицированной математической модели ECOSYS, предложенной Muller и Prohl [6], разработанной для оценки загрязнения сельскохозяйственных продуктов в условиях использования радиоактивно загрязненных источников воды для поливного земледелия.

**Поливное земледелие.** Накопление радионуклидов в растениях на орошаемых землях происходит вследствие корневого поступления радионуклидов, которые находятся в почве вследствие первичных выпадений чернобыльского и дочернобыльского происхождения радионуклидов, которые привносятся в почву при поливе загрязненной водой, а также при непосредственном поступлении радионуклидов из поливной воды в листья.

**Расчет активности, удерживаемой наземной частью растений при поливе.** Суммарная активность, которая удерживается наземной частью растений при поливе, может быть представлена как:

$$A_i = f_{w,i} A_w, \quad (1)$$

где  $A_i$  – суммарная удельная активность на растении вида  $i$ ;  $f_{w,i}$  – фракция удержания для растения вида  $i$ ;  $A_w$  – удельная поверхностная активность внесенная при поливе.

Часть удерживаемых растением радионуклидов определяется как:

$$f_{w,i} = \frac{LAI_i S_i}{R} \left[ 1 - \exp\left(\frac{-\ln 2}{3 \cdot S_i} \cdot R\right) \right], \quad (2)$$

где  $S_i$  – эффективное удержание воды для растения вида  $i$ ;  $LAI_i$  – поверхность листовой части растений, которое приходится на единицу площади их роста;  $R$  – удельный объем полива на единицу площади листовой поверхности.

Зависимость  $LAI$  от урожайности определяется функцией

$$LAI_g = LAI_{g,max} [1 - \exp(-k Y_g)], \quad (3)$$

где  $LAI_g$  – поверхность наземной части биомассы растений, приходящаяся на единицу площади ее выращивания;  $LAI_{g,max}$  – максимальное значение  $LAI$  равно 7;  $k$  – коэффициент нормирования;  $Y_g$  – урожайность биомассы растений в момент полива. Урожайность ость выражается в виде функции времени.

Активность радионуклидов в растении формируется за счет непосредственного поступления радионуклидов через листья, а также за счет корневого поступления:

$$C_i(t) = C_{i,l}(t) + C_{i,r}(t), \quad (4)$$

где  $C_i(t)$  – общая активность в растении вида  $i$ ;  $C_{i,l}(t)$  – активность в растении вида  $i$  от поступления через листья;  $C_{i,r}(t)$  – активность в растении вида  $i$  от корневого поступления.

**Поступление радионуклидов через листья.** Концентрация активности в растениях  $C_{i,l}(t)$  в момент  $t$  после полива определяется начальной выражением

$$C_{i,l}(\Delta t) = \frac{A_i}{Y_i} \exp[-(\lambda_w + \lambda_r)\Delta t], \quad (5)$$

где  $C_{i,l}(\Delta t)$  – концентрация активности в растении вида  $i$  в период сбора урожая;  $A_i$  – общая удельная активность на растении вида  $i$ , что зависит от  $LAI$  данного растения в момент полива;  $Y_i$  – урожайность растения вида  $i$  в период сбора урожая;  $\lambda_w$  – скорость потери активности за счет влияния погодных факторов;  $\lambda_r$  – константа радиоактивного распада;  $\Delta t$  – время, которое прошло с момента полива до сбора урожая.

Концентрация радионуклида в растениях вида  $i$ , собранных через  $\Delta t$  дней после полива определяется следующей формулой:

$$C_{i,l}(\Delta t) = \frac{A_i}{Y_i} T_i(\Delta t) \exp(-\lambda_r \Delta t), \quad (6)$$

где  $T_i(\Delta t)$  – коэффициент перехода для растения вида  $i$ ;  $Y_i$  – урожайность съедобной части растения вида  $i$ .

**Корневое поступление радионуклидов.** Концентрация радионуклида в растениях, которая поступила корневым путем, рассчитывается по формуле:

$$C_{i,r}(t) = [TF_i C_s(t)] A_{xim} (1 - F_{ud}/F_{izv}), \quad (7)$$

где  $C_{i,r}(t)$  – концентрация радионуклида в растении вида  $i$  от корневого поступления в момент  $t$  после полива;  $TF_i$  – коэффициент накопления в системе почва – растение для растения вида  $i$ ;  $C_s(t)$  – концентрация радионуклида в прикорневой области почвы в момент  $t$ ;  $A_{xim}$  – обобщенная функция влияния агрохимических свойств почвы на накопление корнями радионуклидов;  $F_{ud}$  – функция влияния внесения калийных удобрений на накопление радионуклидов корнями растений;  $F_{izv}$  – функция влияния внесения извести на корневое накопление радионуклидов.

Обобщенная функция влияния агрохимических свойств почвы на накопление корнями радионуклидов находится по выражению

$$A_{xim} = (F_{pH} F_{gum} F_{KO})^{0,333}, \quad (8)$$

где  $F_{pH}$  – функция влияния  $pH$  солевой вытяжки на накопление корнями радионуклидов;  $F_{gum}$  – функция влияния содержания гумуса в почве ( $G$ ) на накопление корнями радионуклидов;  $F_{KO}$  – функция влияния содержания подвижного калия ( $K$ ) в почве на накопление корнями радионуклидов.

Концентрация в прикорневом слое почвы рассчитывается по формуле:

$$C_s(t) = \frac{A_s}{L\delta} \exp[-(\lambda_s + \lambda_f + \lambda_r)t], \quad (9)$$

где  $A_s$  – общая удельная активность на почве;  $L$  – глубина прикорневого слоя;  $\delta$  – плотность почвы;  $\lambda_s$  – скорость уменьшения активности через перемещение за границы прикорневого слоя;  $\lambda_f$  – скорость фиксации радионуклидов в почве.

**Влияние обработки с.-х. продукции на содержание радионуклидов в продуктах питания, готовых к употреблению.** Концентрацию активности в продукте переработки  $k$  получают из концентрации активности в сыром продукте по выражению:

$$C_k(t) = C_{k0}(t-t_{pk})P_k, \quad (10)$$

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПЛОДОВ ТОМАТОВ И ПРОДУКТОВ ИХ ПЕРЕРАБОТКИ ЦЕЗИЕМ-137 НА ТЕРРИТОРИИ АР КРЫМ В УСЛОВИЯХ ОРОШЕНИЯ

где  $C_k(t)$  – концентрация активности в готовом к употреблению продукте  $k$  в момент  $t$ ;  $C_{k0}(t)$  – концентрация активности в сыром продукте в момент  $t$ ;  $P_k$  – коэффициент изменения активности при приготовлении продукта  $k$ .

Результаты численных экспериментов моделирования накопления радиоцезия в первичной продукции томатов и в продуктах их переработки.

С помощью модели была проведена оценка накопления активности цезия-137 в общей биомассе и плодах томатов во всех административных районах республики Крым в год аварии на Чернобыльской АЭС (1986г.) и спустя пять лет после аварии (1991г.).

В таблице 1 приведен пример уровня загрязнения урожая томатов в Нижнегорском районе. Удельная активность цезия-137 в почве на начало вегетации была 0,05 (0,07) Ки/км<sup>2</sup>. При оросительной норме 5400 м<sup>3</sup>/га, поливы проводились равномерно (450 м<sup>3</sup>/га) в течение вегетации. Концентрация радиоцезия-137 в орошаемой воде – 0,17 Бк/л. Удельная активность цезия – 137 в прикорневом слое почвы на дату первого полива в исследуемые годы составила 18,17 (18,91) Бк/м<sup>2</sup>, общая активность радионуклида во всей биомассе томатов была в пределах 1,37 Бк/кг. С каждым поливом удельная активность радиоцезия в почве увеличивается, что в свою очередь создает предпосылки к увеличению активности радиоцезия в растениях томатов и в их плодах. На момент полной спелости плодов томатов радиоактивность цезия-137 достигла в общей биомассе 161,51(161,89) Бк/кг, в плодах – 26,73 (26,83) Бк/кг.

*Таблица 1* – Накопление активности радиоцезия в почве и в растениях томатов в 1986 и 1991 г.г. в условиях орошения в Нижнегорском районе республики Крым

Удельная активность Cs-137 в почве (н.в.), Ки/км <sup>2</sup>		Концентрация Cs-137 в оросительных водах, Бк/л		Удельная активность Cs-137 в почве после вегетационного полива, Бк/м <sup>2</sup>		Норма вегетационного полива, м <sup>3</sup> /га		Активность Cs -137 в общей биомассе, Бк/кг		Активность Cs -137 в плодах, Бк/кг	
1986	1991	1986	1991	1986	1991	1986	1991	1986	1991	1986	1991
0,05	0,07	0,17		18,17	18,91	450	1,37	1,37	0,00	0,00	
				33,41	34,15	450	4,18	4,19	0,00	0,00	
				46,47	47,21	450	19,89	12,92	0,00	0,00	
				58,44	59,18	450	26,08	26,15	1,62	1,64	
				69,32	70,06	450	44,08	44,22	3,52	3,55	
				79,11	79,85	450	65,84	66,06	6,18	6,23	
				87,82	88,56	450	87,65	87,97	8,90	8,98	
				95,44	96,18	450	106,85	107,19	11,16	11,25	
				101,97	102,71	450	122,68	123,04	13,25	13,35	
				107,41	108,15	450	136,96	137,33	16,29	16,39	
				111,76	112,50	450	150,07	150,45	20,90	20,99	
				115,03	115,77	161,20	161,20	161,58	26,65	26,75	
				115,03	115,77	161,51	161,51	161,89	26,73	26,83	

Оценка распределения радиоцезия в процессе переработки плодов томатов. Долгое время считалось, что содержание радионуклидов в конечных продуктах (муке, сахаре, масле, томатном соке) крайне мало и не представляет опасности для людей. Однако недооценка роли процессов кулинарной и промышленной переработки с.-х. сырья в снижении содержания радионуклидов в продуктах питания приводили к завышению прогнозируемых величин дозовых нагрузок [5].

Данные о содержании цезия – 137 в конечных продуктах переработки плодов томатов представлены в таблице 2. Полученные результаты расчетов показали, что в плодах концентрация активности цезия – 137 в 1986 г. составляет 26,73 Бк/кг, в 1991 г. 26,83 Бк/кг. При промышленной переработке плодов томатов в сок, концентрация радиоцезия незначительно снижается до 21,29 (21,37) Бк/кг. Концентрация радиоцезия в томатной пасте, наоборот увеличивается до 31,93 (32,05) Бк/кг. Эти значения на порядок ниже величин ВДУ (временно допустимого уровня).

**Таблица 2.** Содержание цезия –137 в плодах томатов и продуктах их переработки в Нижнегорском районе

Продукт	Время хранения, сутки	Концентрация активности цезия –137 в готовом к употреблению продукте, Бк/кг
1 9 8 6 г о д		
<i>Плоды</i>	-	26,73

Сок	45	21,29
<i>Паста</i>	45	31,93
1 9 9 1 г о д		
<i>Плоды</i>	-	26,83
Сок	45	21,37
<i>Паста</i>	45	32,05

**Рекомендации по уменьшению содержания цезия-137 в томатах.**

Наличие радиоцезия в почве и растениях указывает на необходимость проведения профилактических мероприятий по снижению данного радионуклида. Одной из контрмер по снижению активности радиоцезия в продукции растениеводства является химическая мелиорация. Установлено, что поступление радиоцезия в растения зависит от содержания обменного калия в почвах, а внесение в почву калийных удобрений способствует снижению накопления радионуклида в растениях. В сочетании с внесением извести, эффективность проводимого мероприятия значительно повышается [4].

Снижение активности радиоцезия в общей массе и в плодах томатов в зависимости от доз калийных удобрений без известкования и при внесении в почву извести показано в таблице 3. При содержании в почве подвижного калия 12,8 мг/100г почвы накопление активности цезия – 137 в общей массе томатов составляет 181,5 Бк/кг и 31,8 Бк/кг в плодах. Увеличивая дозу калийных удобрений без внесения извести до 600 кг/га д.в., активность радиоцезия снижается до 141,5 и 21,6 Бк/кг, соответственно. Такого же эффекта возможно добиться, если одновременно с калийными удобрениями вносить известь, причем количество калийных удобрений в этом случае можно уменьшить до 120–180 кг/га д.в.

**Таблица 3.** Снижение активности радионуклида цезия – 137 в растениях томатов при использовании химической мелиорации

Доза калийных удобрений, кг/га д.в.	Общая активность Cs-137 во всей биомассе томатов, Бк/кг		Общая активность Cs-137 в плодах томатов, Бк/кг	
	без извести	с внесением извести	без извести	с внесением извести
без удобрений	181,5	-	31,8	-
60	173,8	155,9	29,8	25,3
120	165,8	143,0	27,8	22,0
180	160,4	136,3	26,4	20,2
240	156,1	132,1	25,3	19,2
300	152,5	129,4	24,4	18,5
360	149,4	127,5	23,6	18,0
420	146,9	126,5	23,0	17,7
480	144,9	125,7	22,4	17,7
540	143,3	125,0	22,1	17,3
600	141,3	124,6	21,6	17,2

**Выводы.**

1. С помощью модели оценивается накопление активности цезия-137 в общей биомассе и плодах томатов в условиях орошения.
2. Пищевые продукты – плоды, сок, паста являются практически «чистыми» и могут использоваться в питании.
3. Внесение в почву калийных удобрений с известкованием способствует снижению накопления радиоцезия в растениях.

**Источники и литература**

1. Буфатин О.И., Парашуков Н.Б., Фомкина Н.Д., Алексахин Р.М. Распределение некоторых радионуклидов в системе почва-оросительная вода (модельный опыт) // Почвоведение. –1983. – № 8. – С. 133 – 136.

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПЛОДОВ ТОМАТОВ И ПРОДУКТОВ ИХ ПЕРЕРАБОТКИ ЦЕЗИЕМ-137 НА ТЕРРИТОРИИ АР КРЫМ В УСЛОВИЯХ ОРОШЕНИЯ

2. Войцехович О.В., Шестопалов В.М., Скальский А.С., Канивец В.В. Мониторинг радиоактивного загрязнения поверхностных и подземных вод после Чернобыльской аварии. – К.: УкрНИГМИ, 2001. – 147 с.
3. Коткова Т.М. Вплив механічного складу та вмісту гумусу у дерново-підзолистих ґрунтах на рухливість радіоцезію в ланці ґрунт – фітомаса злакових зернових культур // Вісник Державної агроекологічної академії України. – Збірник наукових праць. – 2001. – №1. – С. 47–49.
4. Проблемы сельскохозяйственной радиологии. / под ред. Н.А. Ложилова. Вып. 3. – Киев: Укр. НИИСХР, 1993. – 247 с.
5. Проблемы сельскохозяйственной радиологии. / под ред. Б.С. Пристера. Вып. 4. – Киев: Укр. НИИСХР, 1996. – 240 с.
6. Сафранов Т.А., Польовий А.М., Коніков Є.Г. и др. Антропогенне забруднення геологічного середовища та ґрунтово-рослинного покриву. – Одеса: "ТЭС", 2003. – 260 с.
7. Сельскохозяйственная радиоэкология / под ред. Р.М. Алексахина и Н.А. Корнеева. – М.: Экология, 1991. – 297с.

**Сотникова И. М.**

### НЕТРАДИЦИОННЫЕ ВИДЫ ТУРИЗМА В КРЫМУ: ФАКТОРЫ И ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ РАЗВИТИЯ

Необходимость повышения уровня рекреационного продукта, предлагаемого Крымским регионом, отмечают и отдыхающие, и организаторы отдыха. Каждый из элементов рекреационного продукта имеет свои особенности в различных районах Крыма. Среди общих недостатков следует отметить однобокость предложения, ориентацию в основном на использование природной составляющей рекреационного потенциала, ограниченность дополнительных услуг, как по видам, так и по числу фирм, их предоставляющих, сохранение ориентации большинства рекреационных предприятий на массовый отдых "среднестатистического" нетребовательного рекреанта. Актуальность данной статьи заключается в том, что Крым отличается наличием разнообразных природных, социально-экономических и культурно-исторических ресурсов, многие из которых можно использовать для развития рекреационной деятельности. Улучшение конкурентных позиций Крыма невозможно без создания нового рекреационного продукта, который в сочетании с уже имеющимся, создал бы все условия для наиболее полного удовлетворения разнообразных потребностей рекреантов. Однако здесь следует отметить, что понятие "новый рекреационный продукт" или «нетрадиционный» для данной местности, в некоторых случаях необходимо понимать как "недостаточно используемый рекреационный продукт".

Цель работы – показать наличие условий и факторов для целесообразного развития нетрадиционных видов туризма в Крыму.

В Крыму имеют место практически все виды рекреационных занятий, однако в силу слабой информированности потенциальных рекреантов и значительной ориентации этих занятий на определенные целевые сегменты большинство из них не получили должного развития. Это не исключает появления абсолютно новых видов занятий.

Большинство нетрадиционных видов рекреационных занятий связано с Горным Крымом, так как близость последнего к морю позволяет создавать рекреационный продукт, не имеющий аналогов в Украине.

В Крыму могут успешно существовать все виды горного отдыха, включая самые опасные: развлечения, экскурсии, любительские занятия, спорт (спелеотуризм, альпинизм, скалолазание, горнолыжный туризм, велоспорт, автомобильный туризм), экспедиции, экстремальные игры (военный туризм, парапланеризм, парашютный спорт), эксперименты по выживанию [1, 2, 3].

Одним из самых старых и известных видов горного отдыха является спелеотуризм. В Крыму в настоящее время имеются четыре оборудованные для экскурсий пещеры (наиболее посещаемые пещеры Мраморная и Красная), около ста карстовых полостей для спорта, изучения и научных открытий в области геологии, карстоведения, гидрологии и др.

В Крыму имеется около десятка скалодромов – для такого вида туризма как скалолазание, среди них в самом Симферополе – Петровские скалы и Чокурча. В Никитской расщелине скалодром был оборудован по мировым требованиям с участием французских специалистов.

Очень разнообразен спектр археологического туризма – от таврских памятников и скифских курганов до средневековых пещерных городов. В рамках этого вида сложилась уникальная форма – участие школьников и студентов в археологических раскопках. В Крыму есть все необходимые условия для горнолыжного отдыха. Но здесь трассы не для профессионалов, а для любителей этого вида спорта. самая известная и наиболее востребованная для этого вида спорта вершина Ай-Петри (1234 м над уровнем моря). Хорошее место для новичков, большое количество пологих склонов. На Ялтинской яйле находится 9 электрических бугельных подъемников длиной от 300 до 1300 метров. Производительность подъемников до 2000 чел./час. Снег на яйле держится в течение 5 месяцев с декабря по конец апреля. Склоны крутизной от 12 до 18 градусов. Наличие пейзажных ресурсов – Гурзуф, Ялта, Мисхор и главное – море. В 1986 г. в Ялте был образован горнолыжный клуб "Ай-Петри", который находится на этой вершине. На вершине у клуба есть собственный поселок с 60 домиками, приютом на 22 места для гостей и центром досуга. Транспортировка от приюта до подъемника (около 3 км) на снегоходах. Практически полное отсутствие сообщения с внешним миром (до Ялты 20 км по горной дороге, которая чаще всего засыпана снегом).