

УДК 631.432:504.53.054:338.24

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ПЕРЕХОДА ^{137}Cs В МНОГОЛЕТНИЕ ЗЛАКОВЫЕ ТРАВЫ НА МЕЛКОЗАЛЕЖНОМ ТОРФЯНИКЕ

С.Н. Лекунович, старший научный сотрудник
Брестский филиал РНИУП «Институт радиологии», г. Пинск

Ключевые слова: мелкозалежные торфяно-болотные почвы, водный режим, уровни грунтовых вод, влажность почвы, радионуклиды, ^{137}Cs , многолетние злаковые травы, коэффициент перехода

Введение

Основной регион, пострадавший в результате Чернобыльской аварии, – это Белорусское Полесье. Его территория широко представлена торфяными почвами разного генезиса и степени минерализации, пойменными дерново-болотными и дерново-глеевыми гидроморфными почвами, которые являются «критическими» в радиологическом отношении. На этих почвах складываются специфические условия, обеспечивающие высокую подвижность и переход радионуклидов в растения при относительно невысоких уровнях загрязнения почв [1].

Особое место среди загрязненных радионуклидами торфяных почв Белорусского Полесья занимают мелкозалежные. Выращивание полевых культур на них ограничено из-за нежелательной перепашки, которая приводит к ускоренной минерализации осушенных торфяников. Используются они преимущественно под сенокосы. При радиоактивном загрязнении таких угодий долгоживущие радионуклиды будут интенсивно поступать в травяные корма и из них переходить в молоко, которое является основным дозирующим продуктом питания.

Одним из наиболее значимых факторов, влияющих на доступность и накопление радионуклидов растениями, является водный режим, который зависит от уровня грунтовых вод, характеристик почвы, метеорологических условий, месторасположения участков (в пойме, суходоле и т.д.) [2,3]. Результаты исследований указали на значительные колебания уровня накопления радионуклидов в растениях в зависимости от динамики и количественных показателей водообеспеченности корнеобитаемого слоя почвы, что свидетельствует о необходимости тщательного регулирования водного режима почвы в целях снижения накопления радионуклидов в сельскохозяйственной продукции.

В этой связи изучение влияния водного режима на накопление радионуклидов луговыми растениями на мелкозалежных торфяных почвах, представляющих основные площади мелиорированных земель Белорусского Полесья, является актуальным для определения уровней грунтовых вод (УГВ) и влажности корнеобитаемого слоя, обеспечивающих минимальное накопление радионуклидов в травяных кормах.

Методика исследований

Для определения количественных параметров перехода ^{137}Cs в многолетние злаковые травы на мелкозалежном торфянике проводились лизиметрические исследования и полевые опыты.

В эксперименте с использованием лизиметров моделировались постоянные УГВ в следующих диапазонах: 0,3-0,5 м; 0,5-0,7 и 0,7-1 м. Лизиметры были заполнены торфяной почвой, развивающейся на древесно-осоковых торфах, подстилаемых с глубины 0,5 м песком. Агрохимические показатели корнеобитаемого слоя почвы: $\text{pH}_{\text{КС}}$ 5,2; гидролитическая кислотность – 22 с*моль/кг почвы; содержание подвижного фосфора 274-630 мг/кг, калия 311-458 мг/кг почвы; зольность верхнего слоя торфа – 33 %. Плотность загрязнения почвы ^{137}Cs в среднем 165 кБк/м². Посев трав (кострец безостый) проведен из расчета нормы высева семян 20 кг/га. В течение вегетации проводили два укоса.

Минеральные удобрения в дозе $\text{N}_{86}\text{P}_{70}\text{K}_{150}$, рассчитанной с учетом свойств почвы и вида травы, вносили дробно: весной (полную дозу Р и ½ дозы N и К) и после первого укоса (½ дозы N и К).

Площадь каждого лизиметра равна 0,0551 м², повторность опыта пятикратная.

Полевые исследования проводили на мелкозалежной торфяной почве с различными режимами увлажнения на участках, расположенных в бассейне реки Пины на первой пойменной террасе.

Участок на эксплуатируемой мелиоративной системе «Козицкое» Пинского района Брестской области представлен маломощным (60 см) торфяником на хорошо разложившихся древесно-осоковых торфах, подстилаемым песками. Агрохимические показатели почвы: $\text{pH}_{\text{КС}}$ 7,3, содержание подвижного фосфора – 381-490, подвижного калия – 416-428 мг/кг почвы, зольность – 72 %. Плотность загрязнения ^{137}Cs в среднем 110 кБк/м². На участке располагались три опытных площадки с различными уровнями грунтовых вод (УГВ), площадь каждой площадки 50 м².

Участок используется под улучшенный сенокос. Доминирующими культурными видами являлись кострец безостый (*Bromus inermis* L.), тимopheевка луговая (*Phleum pratense* L.), овсяница луговая (*Festuca pratense* L.), ежа сборная (*Dactylis glomerata* L.). Ежегодно проводили два укоса трав в фазе сенокосной спелости, урожайность сена пересчитывали на 16%-ную стандартную влажность. Минеральные удобрения в дозе $\text{N}_{80}\text{P}_{50}\text{K}_{150}$, рассчитанной балансовым методом, вносили дробно: ранней весной (полную дозу Р и ½ дозы N и К) и после первого укоса (½ дозы N и К).

Содержание ^{137}Cs в исследуемых образцах (почва, зеленая масса) определяли на гамма-бета-спектрометре МКС-АТ1315, гамма-спектрометре «Прогресс-БГ». Относительная погрешность измерений в основном не превышала 30%.

Для количественной оценки поступления ^{137}Cs из почвы в растения рассчитывали коэффициенты перехода (коэффициенты пропорциональности, КП) – отношение содер-

жания радионуклида в единице массы растения (Бк/кг) к плотности загрязнения единицы площади почвы (кБк/м²).

Полученные данные обрабатывали методом дисперсионного и регрессионного анализов.

Результаты исследований и их обсуждение

На основании данных лизиметрических исследований, проведенных в 2004-2006 гг., выполнен анализ накопления ¹³⁷Cs в урожае многолетних злаковых трав и рассчитаны значения КП (рис. 1). Достоверность полученных результатов подтверждена статистической обработкой данных (рис. 2).

Результаты лизиметрического эксперимента позволили рассчитать количественные характеристики перехода ¹³⁷Cs в траву, выращенную при разных УГВ. Эти параметры (коэффициенты пропорциональности, рассчитанные для сена) варьировали по годам исследований, но в среднем значения КП при диапазоне УГВ 0,5-0,7 м были ниже по сравнению с УГВ 0,3-0,5 и 0,7-1 м в 4,8 и 2,4 раза, соответственно. Минимальный коэф-

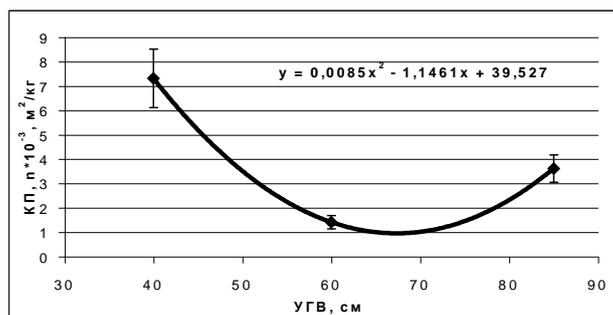


Рис. 1. Накопление ¹³⁷Cs в кострце безостом (сено) в зависимости от уровней грунтовых вод в лизиметрах

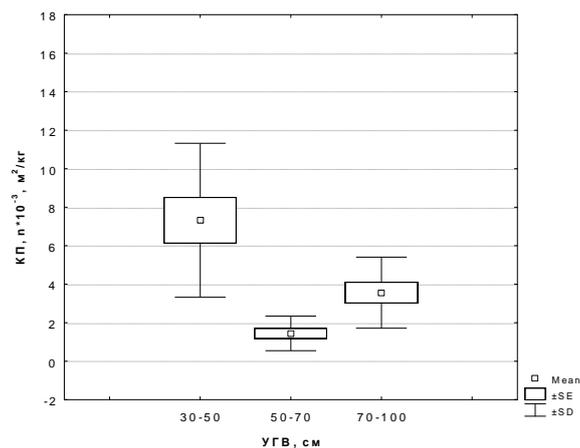


Рис. 2. Коэффициент перехода ¹³⁷Cs для сена кострца безостого при различном положении УГВ в лизиметрах

коэффициент перехода ^{137}Cs в сено костреца безостого наблюдался при положении УГВ в диапазоне 60-75 см. При отклонении УГВ от этого диапазона как до 0,3 м, так и до 1 м наблюдалось увеличение накопления радионуклидов, причем повышение УГВ приводило к загрязнению в большей степени, чем их понижение.

Зависимость перехода ^{137}Cs в многолетние травы от уровня грунтовых вод, установленную в лизиметрическом эксперименте, подтвердили также результаты исследований, проведенных в производственных условиях на мелиоративной системе (рис. 3).

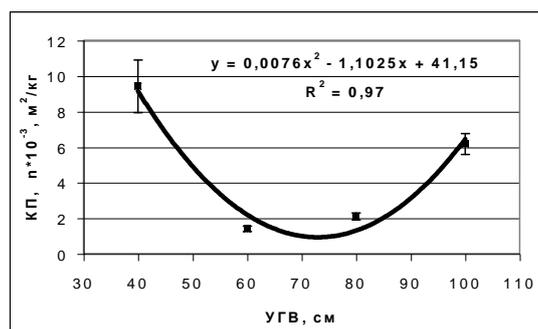


Рис. 3. Накопление ^{137}Cs в сене многолетних трав в зависимости от уровня грунтовых вод на мелиоративной системе

Наиболее вероятное объяснение данной зависимости следующее: при близком расположении уровня грунтовых вод к поверхности почвы зона аэрации перенасыщается влагой, ^{137}Cs переходят в более доступную форму для усвоения растениями, корневая система растения концентрируется в приповерхностном слое почвы, где находится ^{137}Cs , и откуда поглощается корнями основной объем влаги. Все это способствует интенсивному поглощению радионуклида. Снижение УГВ стимулирует развитие корней вглубь, увеличивает поглощение влаги из нижних слоев и снижает его из верхнего корнеобитаемого слоя, что, в свою очередь, снижает поглощение ^{137}Cs , расположенного в приповерхностном слое. Понижение УГВ глубже 80 см снижает подпитывание корнеобитаемого слоя и вызывает дефицит влаги в почве, что приводит к снижению урожая и увеличению концентрации радиоактивного цезия в растениях. Таким образом, существует диапазон изменения УГВ (60-80 см), при поддержании которого накопление ^{137}Cs в многолетних травах будет минимальным.

При этом важно знать, как этот диапазон УГВ отразится на урожайности трав. На загрязненных радионуклидами территориях повышение урожайности культур приводит к снижению концентрации радионуклидов в единице растительной массы. Происходит так называемое «биологическое разбавление» содержания радионуклида урожаем.

Основным фактором, обеспечивающим получение высоких и стабильных урожаев на мелиорированных землях, является водный режим. Работая в режимах осушения и увлажнения, мелиоративная система обеспечивает оптимальную влажность и аэрацию почвы, необходимую глубину залегания грунтовых вод.

Анализ литературных источников свидетельствует о достаточной изученности влияния УГВ на продуктивность многолетних трав. В исследованиях Н.К. Филипенко, М.В. Подвительской [4] максимальная урожайность многолетних злаковых трав получена при уровнях грунтовых вод 60 см, тогда как повышение УГВ до 30 см, и снижение их до 90 см, при постоянном их поддержании, вызывает уменьшение урожайности. Аналогичные результаты получены Н.В. Синицыным [5], Г.И. Лашкевичем [6]. Исследователи рекомендуют на мелкозалежных торфяно-болотных почвах для получения максимальной урожайности многолетних трав поддерживать УГВ в диапазоне 50-70 см от поверхности почвы. С понижением УГВ до 90 см недобор урожая во втором укосе может достигать 16%.

Влияние УГВ на урожайность сена многолетних злаковых трав, полученного в 2004-2006 гг. на полевых площадках, представлено в табл. 1.

Таблица 1. Урожайность сена многолетних злаковых трав, ц/га

Номер площадки	2004 г.		2005 г.		2006 г.	
	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос
1	83±12,4	28±4,1	64±3,2	44±2,9	63±6,7	30±4
2	57±8	24±4,2	66±11,3	57±9,1	46±12,1	47±7,7
3	Не опред.	Не опред.	54±5,5	43±6,3	55±2	30±4,3

Существенных различий в течение трех лет по увеличению или уменьшению урожайности не наблюдалось. Урожай второго укоса трав по сравнению с первым был гораздо меньше, что можно объяснить физиологическими процессами растений и менее благоприятными метеоусловиями для отрастания трав.

Естественный ход изменения уровней грунтовых вод на площадках (табл. 2) не оказал существенного влияния на величину полученного урожая многолетних трав, но в целом результаты исследований наглядно демонстрируют, что поддержание УГВ в диапазоне 60-80 см не приводит к снижению урожая.

Таблица 2. Среднее значение УГВ в течение вегетации, см

Номер площадки	2004 г.		2005 г.		2006 г.	
	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос
1	82±9,5	89±5,7	67±4,7	109±4,3	86±4,7	55±5,5
2	46±9,5	52±5,6	53±4,8	96±4	73±4,1	48±4,5
3	Не опред.	Не опред.	50±4,8	92±3,9	69±4,9	43±3,6

Следует отметить, что полученные зависимости справедливы лишь для исследованного диапазона уровней грунтовых вод.

Результаты полевых опытов позволили установить корреляционную связь объемной влажности корнеобитаемого слоя почвы с положением уровней грунтовых вод (рис. 4).

Исследования показывают, что с понижением УГВ объемная влажность корнеобитаемого слоя почвы уменьшается.

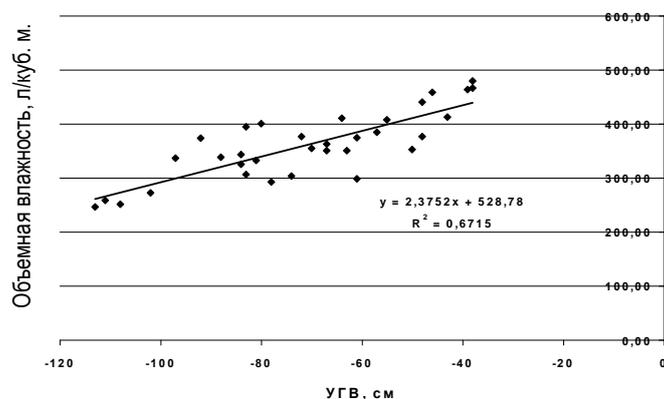


Рис. 4. Поле регрессии объемной влажности корнеобитаемого слоя почвы и положения уровней грунтовых вод

Исходя из установленных зависимостей, определена объемная влажность корнеобитаемого слоя почвы, обеспечивающая минимальное накопление радионуклидов, которая равна 340-385 л/куб. м.

Таким образом, результаты лизиметрического эксперимента и полевых опытов убедительно подтвердили, что накопление ^{137}Cs многолетними злаковыми травами на мелкозалежных торфяных почвах, подстилаемых песком, зависит от водного режима, определяемого уровнями грунтовых вод.

Наглядное представление о диапазонах уровней грунтовых вод, позволяющих выращивать многолетние травы для заготовки сена в пределах Республиканских допустимых уровней содержания ^{137}Cs в кормах (РДУ), дает рис. 5. Горизонтальная прямая, характеризующая допустимое содержание ^{137}Cs в сене, определяет УГВ, при котором выращенные многолетние травы можно использовать для заготовки сена.

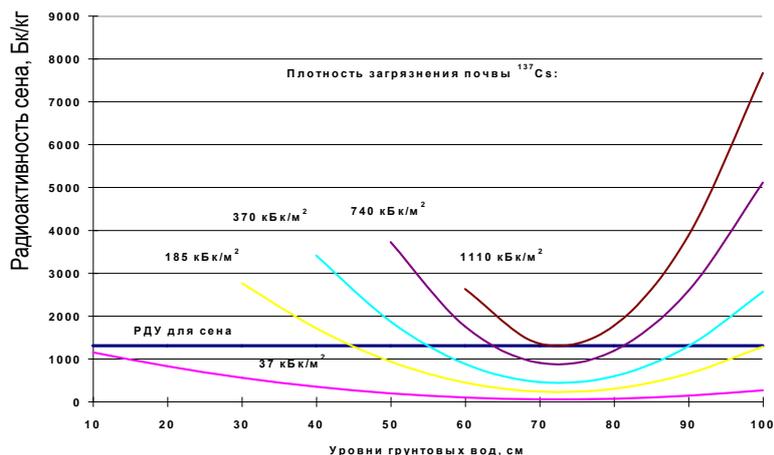


Рис. 5. Зависимости содержания ^{137}Cs в сене многолетних трав от уровней грунтовых вод для различных плотностей загрязнения почвы на осушенных землях

На мелиорированных землях при плотности загрязнения почвы ^{137}Cs 37 кБк/м² сено соответствует требованиям РДУ.

При УГВ в диапазоне 45-100 см и плотности загрязнения почвы ^{137}Cs 185 кБк/м² сено соответствует РДУ.

При положении УГВ в диапазоне 55-90 см и плотности загрязнения почвы ^{137}Cs 370 кБк/м² заготовленное сено будет соответствовать требованиям РДУ.

Сено, заготовленное при УГВ в диапазоне 63-83 см и плотности загрязнения почвы ^{137}Cs 740 кБк/м² соответствует требованиям РДУ-99.

При плотности загрязнения почвы ^{137}Cs 1110 кБк/м² заготовленное сено превышает допустимые уровни.

Представленные результаты исследований дают основание сделать следующие выводы:

1. Эксперименты, проведенные на лизиметрах, позволили установить вид зависимости накопления ^{137}Cs в зелёной массе костреца безостого от уровня грунтовых вод и определить диапазон УГВ (60-75 см), при котором наблюдается минимальный переход радионуклида в траву. При отклонении УГВ как до 0,3 м, так и до 1 м наблюдается увеличение накопления ^{137}Cs , причем повышение УГВ приводит к большему накоплению, чем их понижение.

2. Исследования на мелиорированных землях подтвердили установленный в лизиметрическом эксперименте вид зависимости накопления ^{137}Cs в зелёной массе многолетних злаковых трав от положения уровней грунтовых вод. Аппроксимация данных наблюдений позволила получить статистически достоверное уравнение, позволяющее установить оптимальный диапазон УГВ, при котором накопление радионуклида в зелёной массе многолетних злаковых трав будет минимальным. Для мелкозалежных торфяных почв, подстилаемых песками, этот диапазон равен 60-80 см, при этом объёмная влажность корнеобитаемого слоя почвы равна 340-385 л/м³. Следует отметить, что поддержание УГВ в указанном диапазоне не приводит к снижению урожая.

3. Установленные в экспериментальных исследованиях значения коэффициентов перехода позволяют оценить уровень загрязнения ^{137}Cs многолетних трав на мелиорированных землях, представленных мелкозалежными торфяными почвами, при различных уровнях грунтовых вод, что важно для практического применения полученных результатов в прогнозных целях.

Литература

1. Марей, А. А. Глобальное выпадение цезия-137 и человек. / А. А.Марей, Р. М. Бархударов, Н. Я. Новикова. – М.: Атомиздат, 1974. – 166 с.
2. Агеец В.Ю. Система радиэкологических контрмер в агрофере Беларуси. / В. Ю. Агеец. – Мн., 2001. – 250 с.

3. Афанасик, Г. И. Влияние водного режима почвы на интенсивность поступления радионуклидов в растительную продукцию / Г. И. Афанасик // Мелиорация переувлажнённых земель: сб. науч. тр. / Белорус. науч.-исслед. ин-т мелиор. и луговое-ва. – Мн., 1995. – Т. 42. – С. 29-44.
4. Филиппенко, Н. К. Влияние уровней грунтовых вод на продуктивность многолетних трав / Н. К. Филиппенко, М. В. Подвительская // Мелиорация и луговое-водство на пойменных землях: сб. ст. / Белорус. науч.-исслед. ин-т мелиор. и луговое-ва. – Мн., 1996. – Т. 43. – С. 145-153.
5. Сеницын, Н. В. Пойменные луга и их улучшение / Н. В. Сеницын – Мн.: Ураджай, 1972. – 192 с.
6. Лашкевич, Г. И. Водный, пищевой режимы почвы и продуктивность многолетних трав / Г. И. Лашкевич // Проблемы Полесья : [сб. ст.] / АН БССР. – Мн., 1981. – Вып. 7. – С. 292-300.

Summary

Lekunovich S. Determination of Transition Quotients ¹³⁷Cs to Permanent Grasses on Not Deep Bedding Peatbog

Presented: data on influence of subsoil waters levels to accumulation of ¹³⁷Cs in permanent grasses. Determined: level ranges of subsoil waters in volume moisture content of soil providing for minimum accumulation of ¹³⁷Cs in permanent grasses. Calculated: transition quotients values ¹³⁷Cs to permanent grasses on not deep bedding peatbog.

Поступила 21 ноября 2007 г.