

Применение ГИС-технологий для прогнозирования радиоактивного загрязнения травостоя пойменных экосистем

Т.А. ТИМОФЕЕВА

Предлагаются способы прогнозирования загрязнения травостоя пойменных угодий ^{137}Cs и ^{90}Sr для частичного или выборочного использования поймы с учетом плотности загрязнения почвы и действия геохимических барьеров (участков, в силу каких-либо геохимических особенностей, аккумулирующих повышенные концентрации ^{137}Cs и ^{90}Sr). В качестве инструмента для решения радиоэкологических задач и задач, связанных с сельскохозяйственным производством на загрязненных радионуклидами пойменных угодьях, предлагается использовать пространственно-распределенные базы данных и ГИС-технологии. Основу работы составляет анализ более 306 проб растений, 186 проб почвы, 18 проб воды. На исследуемом участке заложены 2 ландшафтных профиля. Структурно-функциональные части охарактеризованы 24 точками комплексного описания со съемкой географических координат и высот над уровнем моря при помощи спутникового персонального навигатора Garmin GPS12 XL.

Ключевые слова: экосистема поймы, биогеохимические барьеры, радионуклиды.

The article analyzes preferable forecasting methods to forecast ^{137}Cs and ^{90}Sr contamination rates in herbage on overflowed meadows, so that the contaminated lands could be utilized partially on a selective base, depending on the density of soil contamination and activity of geochemical barriers (certain parts of meadow lands which under their geochemical characteristics are inclined to accumulate increased ^{137}Cs and ^{90}Sr concentrations). As a tool to meet radioecological objects and solve numerous problems related to farm production on contaminated overflowed lands, it is suggested to use geographically dispersed databases and modern GIS technologies. Basis of work is the analysis of more than 306 tests of plants, 186 tests of ground makes, 18 tests of water. On an investigated site 2 landscape structures are laid. Structurally functional parts are characterized by 24 points of the complex description with shooting geographical coordinates and heights above the sea level by means of satellite personal navigator Garmin GPS12 XL.

Key words: ecosystem of floodplain, biogeochemical barriers, radionuclides.

Введение. Наиболее точная оценка миграционно-аккумулятивных возможностей пойменной экосистемы по отношению к ^{137}Cs ^{90}Sr может быть сделана на основе учета вероятности поверхностного перераспределения радионуклидов и поступления их в воды поверхностного стока в связи с геоморфологическими и литологическими условиями, вероятности поступления их в грунтовый сток в связи с условиями гидрологического режима, возможности дефляционного перемещения веществ, аккумуляции радионуклидов в связи с сорбционными свойствами почв и наличием биогеохимических барьеров [1]. Геоморфологические процессы оказывают наиболее активное влияние на дифференциацию экосистем, в том числе и за счет формирования скульптуры земной поверхности. Роль рельефа особенно актуальна для пойменных экосистем Полесья в условиях техногенного загрязнения радионуклидами. Поэтому приоритетным направлением исследований на загрязненных радионуклидами пойменных землях является комплексная оценка на уровне экосистемы с учетом геоморфологических (рельефных) условий и обязательным выделением структурных частей (фациальных элементов).

Оптимальным методом выделения структурных частей пойменной экосистемы, а также пространственной оценки распределения радионуклидов с учетом рельефных особенностей является построение рельефных карт с использованием ГИС-технологий на основе топографической съемки географических координат и высот над уровнем моря и последующим наложением полей радиоактивного загрязнения. ГИС-технологии объединяют традиционные операции при работе с базами данных, такими, как запрос и статистический анализ, с преимуществами полноценной визуализации и географического (пространственного) анализа, который предоставляет карта. Эти возможности отличают ГИС от других

информационных систем и обеспечивают уникальные возможности для ее применения в широком спектре задач, связанных с анализом и прогнозом явлений и событий окружающего мира. В связи со сложностью и комплексностью проблемы оценки радиоэкологической ситуации на территориях, загрязненных радионуклидами в Республике Беларусь, актуальным является вопрос применения геоинформационных систем как мощного инструмента для моделирования, управления базами данных и визуализации результатов [1], [2].

В качестве объекта исследований нами выбран один из наиболее загрязненных участков поймы р. Сож, расположенный в окрестностях д. Новоселки и д. Радуга Ветковского района Гомельской области. Ветковский район выбран вследствие максимальной площади загрязнения аллювиальных почв в Гомельской области, на которых необходимо более детальное исследование для определения путей оптимизации использования как кормовой базы для животноводства. Долина р. Сож характеризуется высокой степенью радиоактивного загрязнения начиная от г. Кричева на севере и до г. Гомеля на юге. По рельефным особенностям пойменная экосистема приравнивается к низменному типу ландшафтов и включает, соответственно, аллювиально-террасированный и пойменный ПТК. В зону исследований, кроме радионуклидов первоначальных выпадений, речными водами привносятся радиоактивные вещества практически со всей загрязненной долины на протяжении года и в период паводков и половодий при затоплении поймы.

До настоящего времени наблюдаются превышения допустимых уровней загрязнения ^{137}Cs в молоке частного сектора по содержанию ^{137}Cs в данных населенных пунктах, где выпас КРС происходит на пойме [1].

Материал и методика исследований. Методологическую основу исследования составляет теория биогеохимической структуры природной экосистемы и геохимических барьеров. С помощью сопряженного анализа выделены геохимические и биогеохимические барьеры и дана оценка миграции ^{90}Sr и ^{137}Cs в компонентах экосистемы (почве, наземном покрове, воде). На основе созданной в ходе исследования базы данных построена серия карт с использованием ГИС-технологий. Использованы методы: спектрометрический, радиохимический, инфракрасной спектроскопии и агрохимический. Фактический материал обработан с использованием математической статистики. Использован метод ландшафтного профилирования, для выделения структурно-функциональных частей ландшафтных профилей при заложении точек комплексного исследования проведена съемка географических координат и высот над уровнем моря при помощи персонального спутникового навигатора Garmin GPS 12 XL. На исследуемом участке заложены 2 ландшафтных профиля (рисунок 1). Структурно-функциональные части охарактеризованы 24 точками комплексного описания. Использовались пробы почв (186), растений (306), вод (18), собранные в 2000–2007 гг.

Результаты исследований и их обсуждение. Колебания относительных высот в пойме определяет выделение структурных частей с дифференциацией биогеохимических условий и, соответственно, почвенно-растительного покрова (рисунок 2, 3) [1], [4].

На объекте исследования выделен аллювиально-террасированный ПТК Н-класса, слабодренированный, с широколиственно-сосновыми лесами на дерново-подзолистых, временно избыточно увлажняемых почвах, представленный первой надпойменной террасой и пойменный ПТК Н-Fe класса, разной степени дренированности с долгопойменными заливными лугами и сырыми лугами низкого уровня на дерново-глеевых, дерново-глееватых и торфяных почвах. В пределах поймы выделены прирусловая пойма (отмель Т. 1, 10, 14, вал Т. 2, 11, 15, 16), старица (Т. 17 на границе прирусловой и центральной поймы), центральная пойма (повышенная Т. 5, 6, 18, 21 и пониженная части Т. 4, 19, 20, 22), притеррасная пойма Т. 7, 23, также исследования проводились на первой надпойменной террасе Т. 8, 9, 24 (рисунок 1).

Прирусловая отмель опытного участка представлена аллювиальными дерново-глееватыми песчаными почвами и аллювиальными слаборазвитыми песчаными почвами, развивающимися на рыхлых песках, занятых ивовым кустарником средней густоты [3].

На прируловом валу произрастают долгопойменные заливные луга на аллювиально-дерново-глеевых почвах с преобладанием разнотравно-злаковой ассоциации.

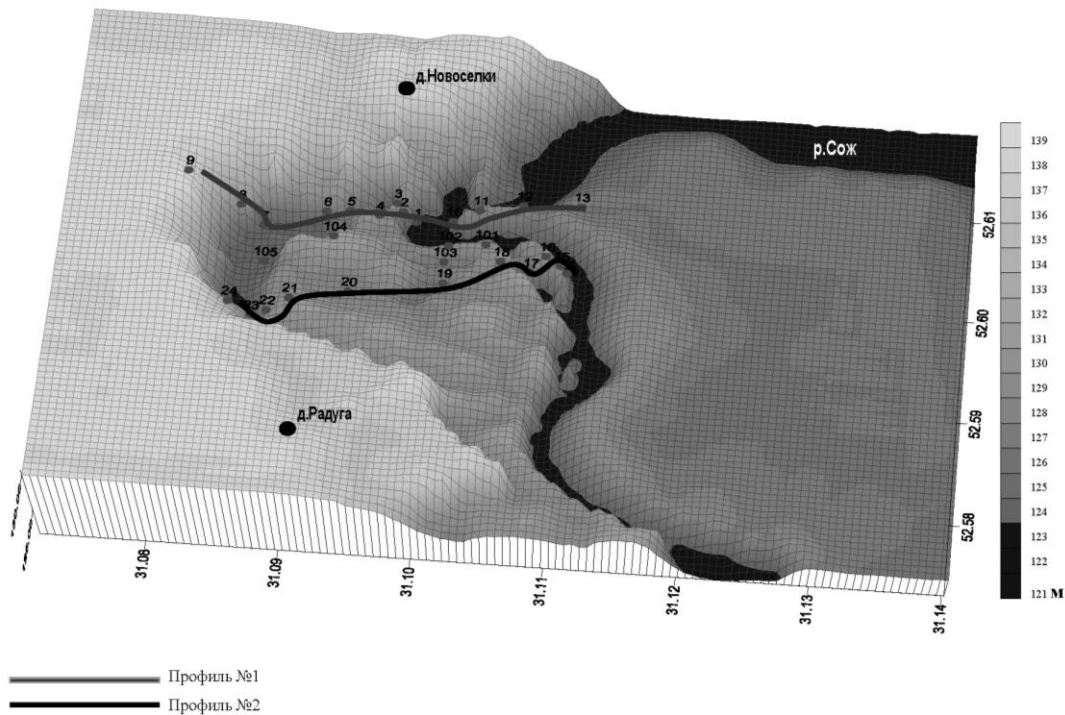


Рисунок 1 – Карта-схема рельефа объекта исследования

Фациальный элемент экосистемы центральная пойма занимает обширные пространства и имеет сложный комплексный почвенный покров. Это связано с особенностями рельефа и характером увлажнения. Абсолютные отметки поверхности: 123–125 м на пониженных участках и старице, 126–127 м – на грядах центральной поймы. Здесь отлагаются более тонкие взмученные частицы. В зависимости от характера весеннего половодья почва центральной части поймы состоит из слоистых и зернистых аллювиальных отложений. Зернистая пойма образуется в понижениях и старицах, где паводковые воды медленно протекают и надолго застаиваются (до 3 месяцев). Долгопойменные заливные луга характерны для старицы с аллювиальной дерново-глеевой супесчаной почвой и представлены осоковой ассоциацией.

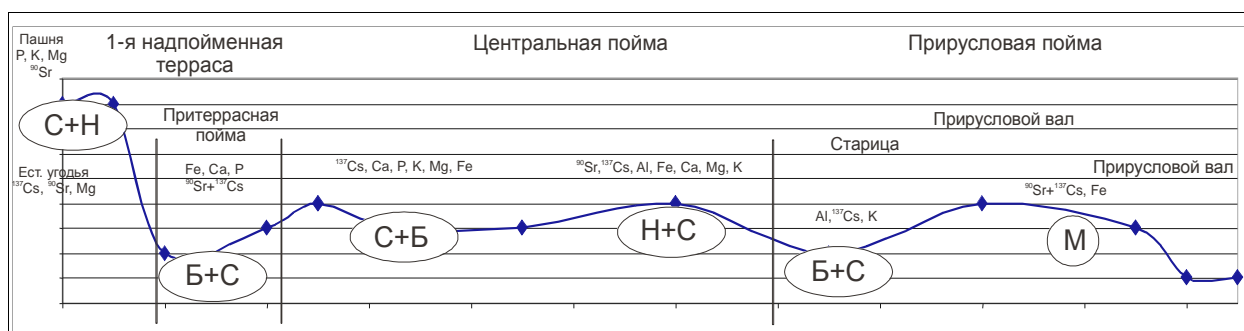
Сырые луга низкого уровня с аллювиальной дерново-глеевой почвой и болота с торфяной почвой, представленные разнотравно-осоковой ассоциацией, относятся к понижениям центральной поймы. На поверхности понижений центральной поймы остается слой илистых частиц, богатых органическим веществом. При подсыхании этот слой растрескивается на отдельные части. Накапливаясь из года в год, такой наилок создает значительный слой зернистой массы, богатой органическим веществом и элементами минерального питания. В силу этого почвы зернистой поймы отличаются высоким плодородием, обеспечивающим развитие ценных луговых трав [6], [7].

На повышениях центральной поймы, где паводковые воды текут быстро, откладывается грубый песчаный пылеватый материал, который при ослаблении разлива перекрывается впоследствии слоями более тонких наносов. При таком характере паводка образуется слоистая пойма. Часто такая пойма, вследствие размывов и переотложения аллювиальных наносов, имеет рельеф, где ложбинообразные понижения чередуются с более возвышенными вытянутыми гривами. Для верхних частей склонов грив, которые затапливаются непродолжительное время и в которых уровень грунтовых вод глубок, характерны долгопойменные заливные луга с аллювиальными дерново-глееватыми почвами, представленные разнотравно-злаково-бобовой ассоциацией.

Притеррасная пойма занимает наиболее низкое положение и характеризуется абсолютными отметками 122–124 м. К данному фациальному элементу приурочены сырые луга

низкого уровня и кустарники на аллювиально-дерново-глеевой песчаной с погребенным торфом и торфяной мощной почвой и представлены разнотравно-хвощево-осоковой ассоциацией и кустарником ивняково-ольховым средней густоты. Здесь обычно застаиваются взмученные воды с тонким глинистым материалом. Частично поступают грунтовые воды с террас, поэтому притеррасная пойма характеризуется избыточным увлажнением. Выделение геохимических и биогеохимических барьеров в пределах пойменной экосистемы обусловлено дифференциацией почвенно-растительного покрова (агрохимических условий почвы и выноса химических элементов травостоем).

В пойме выделены: механический барьер на прирусловом валу (обусловленный резким переходом от песчаных к супесчаным почвам на границе прирусловой и центральной пойм с накоплением Fe); биогенный (с высоким выносом химических элементов растительным покровом) и сорбционный, обусловленный высоким содержанием физической глины и аккумуляцией Al и K в почве на старице; биогенный барьер, связанный с высокой гумусированностью и аккумуляцией K, Ca, P, Fe и Mg на пониженных участках центральной поймы; сорбционный и нейтральный геохимические барьеры на повышениях центральной поймы связанные с нейтральной реакцией почвенного покрова, повышенным содержанием Ca и сорбцией K, Fe, Al и Mg; сорбционный на притеррасной пойме с повышенной аккумуляцией Ca, P, Fe (в 2,3, 1,5. и 3–8 раз выше среднего по профилям); сорбционный и нейтральный геохимические барьеры с высоким содержанием физической глины (11–12%) и близкой к нейтральной величиной pH на первой надпойменной террасе с высокой обеспеченностью P, K, Mg (в 2, 2,2 и 1,2 выше средних показателей) (рисунок 2) [1], [2].



Примечание: М. – механический барьер, Б – биогенный (биогеохимический) барьер, С – сорбционный барьер, Н – нейтральный или кальциевый барьер

Рисунок 2 – Геохимические и биогеохимические барьеры ландшафтного профиля пойменной экосистемы

Данное исследование показывает возможность наиболее оптимального использования кормовых угодий в пределах поймы при отсутствии материальных средств для проведения агромелиоративных мероприятий, что позволит экономить бюджетные средства и способы прогнозирования загрязнения травостоя радионуклидами. Предлагаются способы прогнозирования загрязнения травостоя пойменных земель ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr для частичного или выборочного использования поймы с учетом плотности загрязнения почвы и действия геохимических барьеров (участков, в силу каких-либо геохимических особенностей, аккумулирующих повышенные концентрации ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr). Только на рельефной карте можно точно выделить структурный элемент поймы, определить наличие геохимических барьеров и, зная предельную плотность загрязнения почвы, рассчитать прогнозное значение радиоактивного загрязнения травостоя.

Рельефные карты плотности загрязнения почвенного покрова объекта исследования, созданные на основе ГИС-технологий и результатов топографической съемки GPS-навигатором, определили особенности дифференциации плотности загрязнения, которые заключаются в сочетании фоновых и аномальных зон. При этом фоновыми считаются

участки с уровнями загрязнения, близкими к средним официальным данным по ^{137}Cs 18–555 Бк/м² и 5,5–18,5 по ^{90}Sr (рисунки 3, 4).

Повышенные уровни радиоактивности обусловлены накоплением ^{137}Cs в на локальных геохимических барьерах, пониженные (отмель) – промывным режимом и слабой задержанностью почвенного покрова [1], [3], [7]. Оценка горизонтального распределения ^{137}Cs по профилю поймы показала, что максимальные концентрации в почвенном покрове приурочены к сорбционному барьеру старицы (26% от суммарной по профилям), где установлена прямая линейная зависимость между сорбцией ^{137}Cs , почвенным покровом и содержанием физической глины ($r=0,97$), K_2O ($r=0,66$), величиной Нг (0,92) и Сгк ($r=0,68$) в почве. На сорбционном и нейтральном барьерах повышений центральной поймы (17%) и первой надпойменной террасы (17%) за счет высокого содержания физической глины ($r=0,76$), величины Нг ($r=0,72$) и рН (0,97). Повышенным накоплением ^{90}Sr в почвенном покрове поймы р. Сож характеризуется первая надпойменная терраса (33% от суммарной активности почвы), где радиостронций аккумулируется на сорбционном и нейтральном барьерах. Сорбцию определяет близкий к нейтральному рН ($r=0,78$), Нг ($r=0,88$), обменный Са ($r=0,96$) и гумус ($r=0,97$) в почве. На сорбционном барьере притеррасной поймы накапливается 28% ^{90}Sr по профилям за счет суммы поглощенных оснований ($r=0,83$) и степени насыщенности основаниями ($r=0,94$). Повышенные участки центральной поймы аккумулируют 17% ^{90}Sr на сорбционном и нейтральном барьерах за счет высокого содержания гумуса ($r=0,67$) и степени насыщенности основаниями почвы ($r=0,77$). Оценка вертикальной миграции ^{137}Cs по почвенным разрезам поймы показала накопление изотопа, преимущественно в гумусовом и иллювиальном горизонтах (до 98%). Вертикальная дифференциация ^{90}Sr отличается большей интенсивностью по сравнению с ^{137}Cs . На первой надпойменной террасе и на повышении центральной поймы в гумусовом горизонте отмечено 70–90% активности.

На понижениях центральной поймы и на прирусловой пойме в горизонтах A_1 и A_{1g} сконцентрировано 40–60% ^{90}Sr [1], [4].

Рассчитанный запас содержания радионуклидов по годам и сезонам в травостое на единицу площади для каждой части поймы определил суммарный запас радионуклидов в травостое, а также суммарный вынос с урожаем трав. Также определено оптимальное количество стравливания травы скоту и укосов (Бк/м²). Максимальный запас ^{137}Cs в растительном покрове приурочен к биогеохимическим барьерам старицы (56 % от суммарного по профилям, в среднем 1200 Бк/м², что обусловлено высокой биомассой и удельной активностью осоковых ассоциаций) и притеррасной поймы (15% или 400 Бк/м²). Высокий запас ^{137}Cs в травостое притеррасной поймы при низкой плотности загрязнения обусловлен высокой биомассой осоковых ассоциаций. Установлена обратная линейная зависимость между содержанием ^{137}Cs в травостое и содержания K_2O , P_2O_5 , Mg^{2+} , Fe_2O_3 и величиной Сгк/Сфк и V в почвенном покрове. Максимальным КП ^{137}Cs характеризуется ивовый кустарник прирусловой отмели за счет низких агрохимических показателей данного структурного элемента, осоковые и розоцветные ассоциации притеррасной поймы из-за переувлажненности территории.

Установлено, что в засушливые годы удельная активность и запас ^{137}Cs в травостое снизились в 1,5–1,7 раза по сравнению с более влажными. К концу вегетационного периода наблюдалось повышение запаса ^{137}Cs на старице, притеррасной и центральной поймах (понижения) за счет переувлажнения почвенного покрова и повышения биомассы. Максимальный запас ^{90}Sr в травостое приурочен к первой надпойменной террасе. Он составляет 22–25% от суммарного запаса по профилям или 40 Бк/м² за счет высокой удельной активности травостоя. Влияние на переход ^{90}Sr оказывают величина рН, Нг, Сгк, содержание Са, гумуса и Fe_2O_3 в верхних почвенных горизонтах. Максимальным КП ^{90}Sr характеризуется ивовый кустарник прирусловой поймы, бобовые повышенных участков центральной поймы [3], [7]. Радиоактивное загрязнение растительного покрова поймы реки Сож обусловлено, прежде всего, загрязнением почвенного покрова.

Проведением интерполяции данных по графикам зависимости между плотностью загрязнения почвы и удельной активностью травостоя можно рассчитать прогноз радиоактивного загрязнения травостоя для каждого структурного элемента пойменной экосистемы.

На рельефной карте (рисунки 3, 4) определяется структурный элемент пойменной экосистемы и его плотность загрязнения.

Далее по графикам зависимости между удельной активностью почвы и наземного покрова (рисунки 5, 6) для данного структурного элемента прогнозируется удельная активность травостоя.

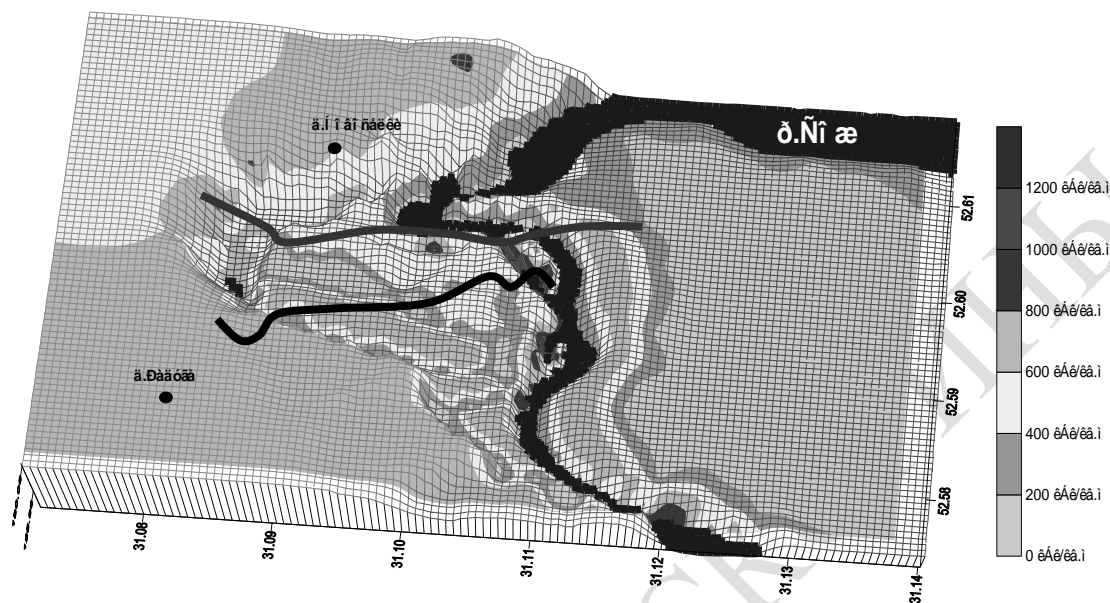


Рисунок 3 – Рельефная карта-схема плотности загрязнения ^{137}Cs почвенного покрова объекта исследования.

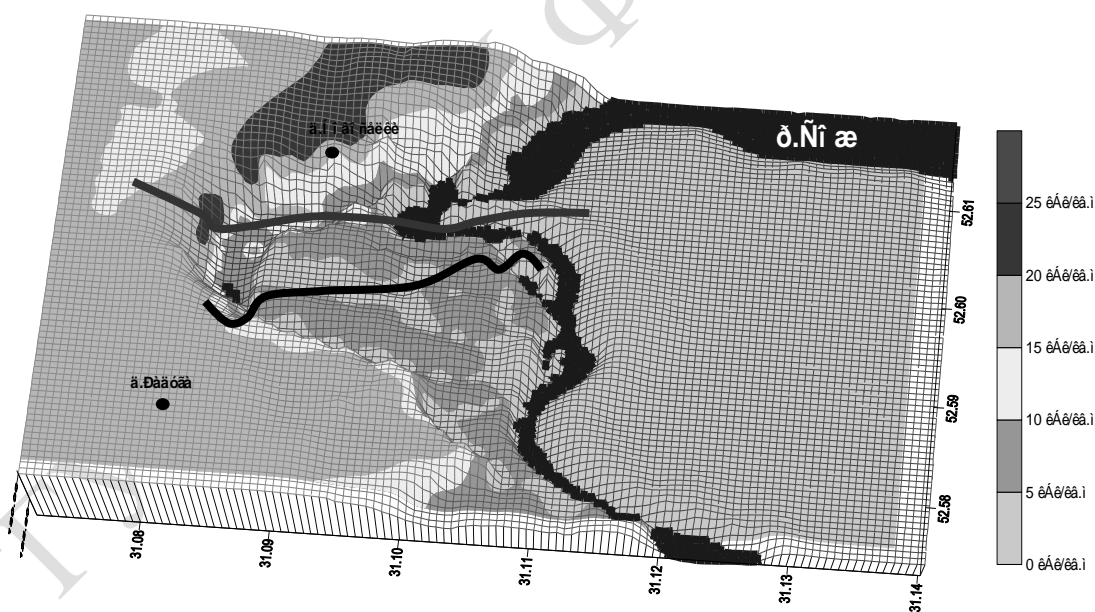
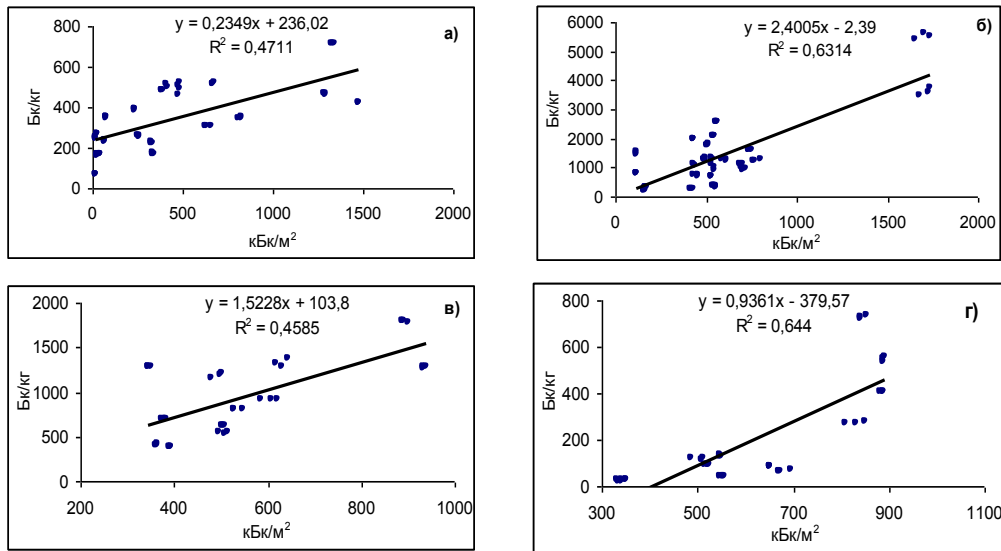


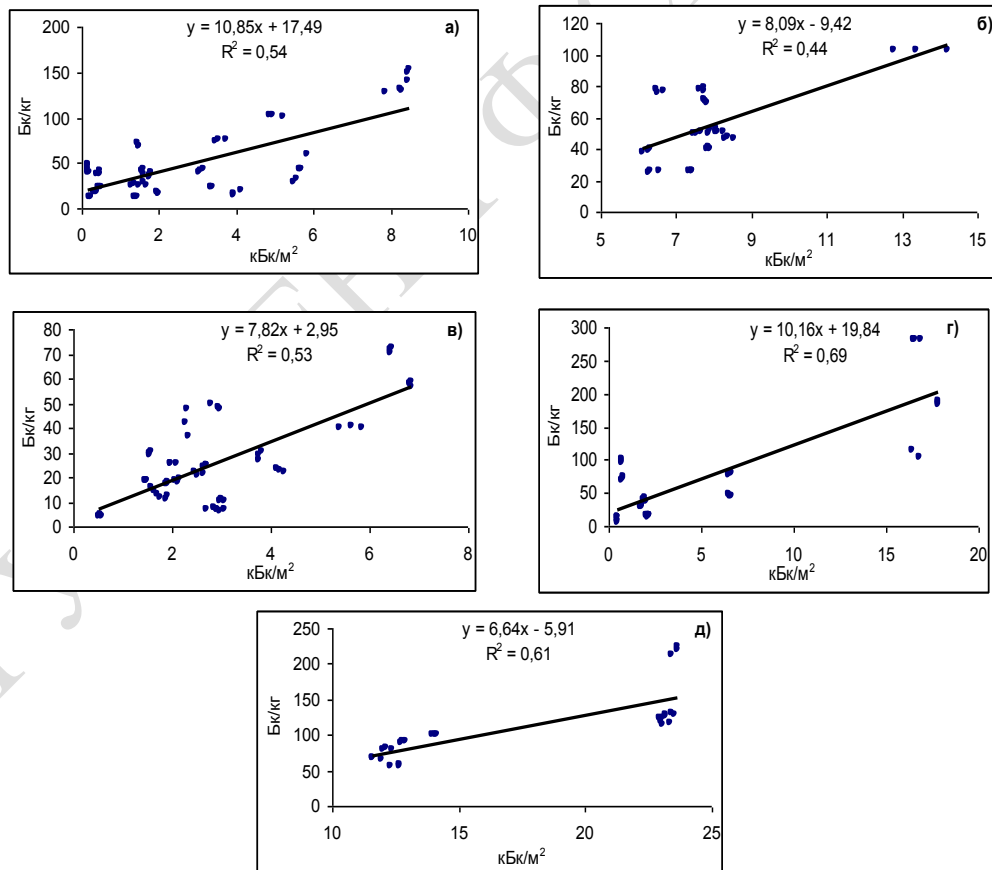
Рисунок 4 – Рельефная карта-схема плотности загрязнения ^{90}Sr почвенного покрова объекта исследования

Таким образом, по результатам определения зависимости между плотностью загрязнения почвы и удельной активностью травостоя определены предельные плотности загрязнения почвенного покрова, при которых возможно получение кормов для животноводства, соответствующих РДУ-99 для каждого структурного элемента пойменной экосистемы без проведения агромелиоративных мероприятий (Таблица 1). Данные результаты могут быть использованы для анализа, оценки и прогнозирования радиационной ситуации для аналогичных участков поймы р. Сож [5].



Примечание: а) прирусловая пойма; б) понижения центральной поймы и старица; в) повышения центральной поймы; г) первая надпойменная терраса

Рисунок 5 – Зависимость между удельной активностью ^{137}Cs почвы и наземного покрова



Примечание: а) прирусловая пойма; б) повышения центральной поймы в) понижения центральной поймы и старица повышения центральной поймы; г) притеррасная пойма; д) первая надпойменная терраса

Рисунок 6 – Зависимость между плотностью загрязнения ^{90}Sr почвы и удельной активностью наземного покрова

Таблица 1 – Предельные плотности загрязнения почвенного покрова, при которых возможно получение кормов для животноводства, соответствующих РДУ-99 для каждого структурного элемента пойменной экосистемы.

Фациальный элемент	^{137}Cs	^{90}Sr	Общие рекомендации
Для производства молока цельного и мяса			Рекомендуется проведение только первого укоса (при использовании в качестве сенокоса) и не более двух стравливаний на пастбище. Нецелесообразно использовать в качестве сенокосов и пастбищ старицы и притеррасную пойму из-за высокого радиоактивного загрязнения (как ^{137}Cs , так и ^{90}Sr), заболоченности, закустаренности и произрастания на ней осоковых ассоциаций, не пригодных для корма скота, а также приусловой отдели
Пониженные участки центральной поймы	до 550 Бк/м ²	до 33 Бк/м ²	
Повышенные участки центральной поймы	до 800 Бк/м ²	до 33 Бк/м ²	
Приусловой вал	до 1500 Бк/м ²	до 22 Бк/м ²	
Первая надпойменная терраса	до 900 Бк/м ²	до 40 Бк/м ²	
Для получения молока сырья			
Пониженные участки центральной поймы	до 770 Бк/м ²	до 111 Бк/м ²	
Повышенные участки центральной поймы	до 1147 Бк/м ²	до 111 Бк/м ²	
Первая надпойменная терраса	до 1480 Бк/м ²	до 111 Бк/м ²	

В будущем будут усовершенствованы способы прогнозирования загрязнения травостоя пойменных угодий ^{137}Cs и ^{90}Sr в зависимости от рельефных особенностей структурных частей пойменного ландшафта и плотности загрязнения почвы с применением ГИС-технологий. Планируется разработать программный продукт, который позволит автоматизировать прогноз радиоактивного загрязнения травостоя в поймах. Входным информационным полем будут данные плотности загрязнения почвы, высота над уровнем моря, структурный элемент поймы, тип почвы, вид растительности, урожайность, наличие геохимических барьеров.

Прогнозные рельефные карты загрязнения травостоя пойменных угодий ^{137}Cs и ^{90}Sr будут автоматизировано составляться на основе баз данных с вышеперечисленной информацией для получения возможности выбора «чистых» участков для выпаса скота и сенокосения, на которых возможно получение зеленых кормов, соответствующих РДУ 99. Данная автоматизированная система прогноза может быть применена для всех районов Гомельской области, имеющих угодья в пойме р. Сож, где наблюдаются превышения РДУ в молоке в частных подворьях, необходимо будет только изменить входные параметры информационных полей.

Заключение. Данное исследование показывает возможность наиболее оптимального использования кормовых угодий в пределах поймы при отсутствии материальных средств для проведения агромелиоративных мероприятий, что позволит экономить бюджетные средства и способы прогнозирования загрязнения травостоя радионуклидами. Предлагаются способы прогнозирования загрязнения травостоя пойменных земель ^{137}Cs и ^{90}Sr для частичного или выборочного использования поймы с учетом плотности загрязнения почвы и действия геохимических барьеров. Проведением интерполяции данных по графикам зависимости между плотностью загрязнения почвы и удельной активностью травостоя рассчитан прогноз радиоактивного загрязнения травостоя для каждого структурного элемента пойменной экосистемы. Определены предельные плотности загрязнения почвенного покрова, при которых возможно получение кормов для животноводства, соответствующих РДУ-99 для каждого структурного элемента пойменной экосистемы без проведения агромелиоративных мероприятий. Данные результаты могут быть использованы для анализа, оценки и прогнозирования радиационной ситуации для аналогичных участков поймы р.Сож. Планируется разработать программный продукт, который позволит автоматизировать прогноз радиоактивного загрязнения травостоя в поймах.

Литература

1. Богдевич, И.М. Рекомендации по ведению агропромышленного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь/ Под. ред. проф. И.М. Богдевича [и др.]. – Минск : Министерство сельского хозяйства и продовольствия РБ, Комитет по проблемам Чернобыльской катастрофы при СМ РБ, 2008. – 73 с.
2. Чертко, Н.К. Влияние эколого-геохимической обстановки Беларуси на здоровье населения / Н.К. Чертко, А.В. Таранчук, П.В. Жумарь и др. // Экологическая антропология. Ежегодник. – Минск : Белорусский комитет «Дети Чернобыля», 2003. – С.21–25.
3. Сапегин, Л.М. Математическое моделирование динамики продуктивности луговой экосистемы/ Л.М. Сапегин, В.И. Мироненко, Н.М. Дайнеко, С.П. Жогаль // Весці НАН Беларусі. Сер. Біял. Навук. – 2006. – № 1. – С. 31–35.
4. Дайнеко, Н.М. Структура и динамика луговых агроэкосистем (на примере сеяных лугов Белорусского Полесья): монография/ Н.М. Дайнеко; Гомельский госуд. ун-т им.Ф.Скорины. – Гомель : ГГУ им.Ф. Скорины, 2006.–316 с.
5. Тимофеев, С.Ф. Предложения по рациональному использованию пойменных лугов в зависимости от ландшафтно-геохимических условий на территории радиоактивного загрязнения Ветковского района.– Гомель : РНИУП «Институт радиологии», 2006.–27 с.
6. Ильязов, Р.Г., Опыт преодоления последствий Чернобыльской катастрофы в животноводстве в республике Беларусь / Ильязов Р.Г., Аверин В.С. // Проблемы радиэкологии и агроэкологии: Доклады науч.-практ. конф, Обнинск, 5–6 сентября 2011 г. / Под. ред. академика Россельхозакадемии Р.М. Алексахина. – Обнинск : ГНУ ВНИИСХРАЭ Россельхозакадемии, 2012. – С. 200–207.
7. Сарасеко, Е.Г. Проблемы получения качественной растениеводческой продукции на загрязненных радионуклидами территориях/ Е.Г. Сарасеко, А.Г. Подоляк, Е.И. Дегтярева // Веснік Мазырскага дзяржаўнага педагагічнага ўніверсітэта імя І.П. Шамякіна. – 2012. – № 2 [35]. – С. 47–53.

Гомельский государственный
университет им. Ф. Скорины

Поступила в редакцию 15.05.2013