

АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНЫ  
Институт геохимии, минералогии и рудообразования  
Отделение радиогеохимии окружающей среды

на правах рукописи

САДОЛЬКО ИГОРЬ ВИКТОРОВИЧ

УДК 550.42:551.14.027.137

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВЕРТИКАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ  
РАДИОНУКЛИДОВ В ЛАНДШАФТАХ 30 км зоны ЧАЭС

специальность 04.00.02 - геохимия

АВТОРЕФЕРАТ  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата геолого-минералогических наук

КИЕВ 1993

ЛНБ України ім. В. Стефаника



00777835 (.)

AB 22.7.94

Робота виконана в Інституті геохімії, мінералогії  
і рудообрання АН України

Научний керівник - академік АН України  
З. В. Соботівич

Офіційні опоненти - доктор геолого-мінералогічес-  
ких наук

З. Я. Ховинський (ІГМР АНУ)

кандидат геолого-мінералогі-  
чних наук

В. В. Гузієнко (ІГМ АНУ)

Ведущая організація - Головне управління гідрогео-  
логічних робіт і геоекології  
Госкомгеології України

Захист состоится 15 марта 1994 г в 10 часов на засе-  
данні Спеціалізованого ради Д. 016.17.01 при  
Інституті геохімії, мінералогії і рудообрання  
АН України (252680, Київ - 142, просп. Палладіна 34).

С дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці  
ІГМР АН України

Отзывы на автореферат в 2-х екземплярах, заверенные  
печатью, просим отправлять по адресу: 252680,  
Київ-142, просп. Палладіна 34, ІГМР АНУ, ученому сек-  
ретарю Спеціалізованого ради.

Автореферат разослан 15 апреля 1994 г.

Ученый секретарь Специализированного  
совета доктор геолого-мінерало-  
гических наук

В. П. Семеновко



## Общая характеристика работы.

### Актуальность исследований.

Поведение техногенных радионуклидов в окружающей среде стало объектом пристального изучения со времени глобальных выпадений продуктов взрывов ядерных устройств в 50-60 годы и первых аварий на предприятиях атомной промышленности ввиду особой значимости этого явления для человечества. Многочисленные работы, выполненные за этот период, показали, что прогнозирование миграции радионуклидов в природных средах в каждом отдельном случае требует учета всех факторов, влияющих на их поведение - физико-химических условий среды, форм выпадения загрязнителей, их устойчивости к разрушению и т.д.

Особую актуальность для Украины приобрело изучение закономерностей вторичного перераспределения радионуклидов после аварии на Чернобыльской АЭС. В первую очередь это относится к исследованию путей и количественных показателей, характеризующих миграцию основных дозообразующих изотопов -  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ . Переходя в определенных условиях в миграционно-способные формы, эти нуклиды включаются в естественный гео-биохимический цикл, попадая в конце концов в организмы животных и человека. Поэтому важной практической задачей является изучение путей миграции радионуклидов, определение сорбционной способности почв и грунтов зоны аэрации, выявление геохимических барьеров, оценка удерживающих свойств элементарных ландшафтов и др., что позволит оценить процессы естественной и наметить пути техногенной локализации радионуклидов. Изучение динамики перераспределения радионуклидов в различных геохимических ландшафтах, определение физико-химических и минералогических характеристик почвенного слоя является основой оценки способности геохимических ландшафтов к естественной самоочистке, построения прогнозов моделей миграции, планирования крупномасштабных мероприятий в зоне отчуждения ЧАЭС, а также может быть использовано для уточнения радиозоологической обстановки в других, сходных по ландшафтно-геохимическим условиям, регионах Украины, Белоруси и России, подвергшихся влиянию Чернобыльской аварии.

### Цель и задачи работы.

Основной целью работы являлось выявление картины распре-

ления радиоцезия и радиостронция в почвах 30 км зоны и определение общих закономерностей их поведения в зависимости от ландшафтно-геохимических условиях исследуемой территории. В связи с этим перед автором ставились следующие задачи:

1 Обобщить данные мониторинга радиоактивных загрязнений в почвенном профиле почв Зоны за период 1986-1992 гг.

2 Изучить закономерности миграции радионуклидов в различных ландшафтно-геохимических условиях исследуемой территории.

3 Оценить защитные свойства геохимических барьеров, способствующие локализации радионуклидов в почвенном слое.

4 Оценить способность естественных геохимических ландшафтов к самоочистке от радиоактивных загрязнений Чернобыльской аварии.

#### Фактический материал и методы исследований.

Для изучения физико-химических характеристик и минерального состава, определения вертикального распределения радионуклидов и оценки сорбционных свойств различных почвенных фракций в течении 1986-1992 гг. были отобраны пробы почв и грунтов в 185 шурфах на территории Зоны. Отобранный материал позволил провести более 2200 гамма-спектрометрических, 440 радиохимических, 450 гранулометрических, минералогических, рентгеноструктурных и химических анализов в рамках выполнения научно-исследовательских и хозяйственных работ, в которых автор принимал участие, как ответственный исполнитель или научный руководитель. В процессе интерпретации полученных экспериментальных данных также использованы результаты по изучению вертикальной миграции радионуклидов, собранные лабораторией радиозкологии факультета почвоведения МГУ им. Ломоносова, отделом радиационного мониторинга окружающей среды НПО "Припять", Оперативной группой Госкомгидромета СССР. Полевые и лабораторные исследования проводились по методикам, утвержденным соответствующими ведомственными инструкциями.

#### Научная новизна.

1 Получены и обобщены имеющиеся данные о распределении и миграции  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в вертикальном профиле почв типичных ландшафтов Зоны в течение 1986-1992 гг.

2 Впервые на фактическом материале проведена оценка геохимических ландшафтов Зоны по способности к естественной самоочистке.

чистке.

3 Детально изучен вещественный состав наиболее типичных почв Зоны и определена их сорбционная емкость в отношении основных дозообразующих радионуклидов.

#### Практическое значение.

Результаты, полученные при проведении настоящей работы, были использованы при подготовке оперативной информации ПДК Президиума АН Украины в директивные органы в 1986-1989 гг., при проведении экологического обоснования ТЭО проекта комплекса производств по транспортировке, переработке и хранению РАО (кодированное название - "Вектор"), могут быть использованы при прогнозировании загрязнения грунтовых и подземных вод за счет латеральной и вертикальной миграции радионуклидов, обосновании мероприятий по рациональному использованию бывших сельскохозяйственных и улучшению общей радиоэкологической обстановки в Зоне и других загрязненных районах. Паспортизированные эталонные ландшафтно-геохимические площадки, используются для калибровки дистанционной гаммаспектрометрической аппаратуры, и при мониторинге перераспределения радионуклидов в зоне Чернобыльской АЭС. Предложенный методологический подход к оценке способности геохимических ландшафтов к естественной самоочистке с учетом физико-химических и минералогических характеристик почвенного слоя имеет важное значение в определении возможности восстановления радиоэкологической ситуации.

#### Защищаемые положения.

1. Вертикальная миграция радионуклидов во всех типах почв Зоны ЧАЭС находится в начальной стадии. 95-98% радионуклидов сосредоточены в слое 0-10 см. Скорость и характер вертикальной миграции в геохимических ландшафтах пойменно-луговой и лесной групп закономерно отличаются.

2. Основными факторами удержания радионуклидов в почвах Зоны являются геохимические барьеры органогенной природы. Роль других (глеевого, сорбционного, окислительного) в долговременной фиксации радионуклидов второстепенна.

3. С геохимических позиций ландшафтные условия миграции радионуклидов являются основой прогнозирования развития ситуации в районах радиоактивного загрязнения и определяют

критерии классификации почв по удерживающей радионуклиды способности. По степени удерживающей способности почвы выстраиваются в геохимический ряд.

#### Апробация работы.

Основные результаты работы опубликованы в 7 печатных работах. Они были доложены на 1 Всесоюзном радиобиологическом съезде (Москва 1988 г.), I и III Научно-технических семинарах по основным результатам ликвидации аварии на ЧАЭС (Чернобыль 1988, 1992 г.), Всесоюзных конференциях и совещаниях в Каунасе (1989), Минске (1990), Гомеле (1990), Москве (1991).

#### Объем и структура работы.

Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав и заключения. Диссертация изложена на <sup>155</sup> страницах машинописного текста, включая <sup>11</sup> таблиц и <sup>17</sup> рисунков. Библиография состоит из 55 наименований.

Настоящая диссертационная работа выполнена в лаборатории геохимии техногенеза Отделения радиогеохимии окружающей среды Института геохимии, минералогии и рудообразования АН Украины под руководством доктора геолого-минералогических наук академика Э.В.Соботовича, которому автор выражает глубокую благодарность за постоянное внимание и помощь в работе.

Автор искренне признателен сотрудникам ОРОС ИГМР АН Украины за содействие в работе, кандидатам геол.- мин. наук Ю.Я.Суцику, С.П.Ольштынскому, Ю.А.Ольховику, А.И.Самчуку, докт. геол.- мин. наук Г.Н.Бондаренко за консультации и критические замечания при работе над диссертацией, а также В.С.Давыдчуку (ИГ АН Украины), А.М.Зиборову (НПО "Припять"), А.И.Щеглову (МГУ им. Ломоносова), Е.Д.Стукину (ГМП "Рамон").

#### Характеристика природно-техногенных условий зоны отчуждения ЧАЭС.

Территория Зоны и прилегающих к ней участков, подвергшихся наиболее интенсивному загрязнению в результате Чернобыльской катастрофы, относится к Полесскому ландшафтно-геохимическому району и расположена на северо-восточном склоне Украинского щита, в краевой зоне Днепровского четвертичного оледенения, в

природной зоне смешанных лесов, что и обуславливает ее ландшафтные особенности. На этой территории можно выделить три уровня: - верхний (абсолютные высоты свыше 120 м) составляет слабоволнистая моренно-водноледниковая равнина, пересекаемая цепью конечно-моренных возвышенностей с пологими и покатыми склонами, разделенными понижениями и седловинами. для этого уровня свойственны развитая сеть лощин и балок, наличие бессточных и полубессточных заболоченных и сухих западин; - средний этаж рельефа образуют надпойменные террасы р.Припять и ее притоков, сложенные, как правило, мощными древне-аллювиальными песками с прослоями супесей и суглинков. Подсклоновые части надпойменных террас заняты обширными болотами; - нижний этаж - пойма р.р.Припять и Уж с тремя своими высотными уровнями - низкая наклонная (пляжи), высокая сегментно-гривистого рельефа и пойма выше уровня затопления. Тыловые части поймы заболочены и частично мелиорированы.

Почвообразующие породы представлены осадочными отложениями верхнечетвертичного и голоценового возрастов, мощность которых колеблется от 20 м в долинах рек до 50-60 м в районе конечно-моренных возвышенностей.

Пестрота рельефа и различный генезис покровных четвертичных отложений в присущих району гидро-климатических условиях привели к развитию и частому чередованию на исследуемой территории почв разных типов - от слабозадренованных песков до торфяных и торфяно-болотных.

Территория Зоны приходится на интенсивно развитые районы Украинского Полесья. В доаварийное время пашня составляла до 40%, леса-35%, луга и выпасы - до 10%, остальная часть территории занята населенными пунктами, промышленными и сельскохозяйственными объектами, автодорогами и зеркалом поверхностных водоемов.

По официальным данным, активность выброшенных во время Чернобыльской аварии радионуклидов составила  $20.5 \cdot 10^{17}$  Бк. К началу 1993 г за счет естественного распада ( в основном короткоживущих изотопов) она снизилась до  $n \cdot 10^{16}$  Бк. При этом на территорию Зоны приходится не менее 60 % общего количества радиоактивных загрязнителей, а доля долгоживущих и экологически опасных изотопов -  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  составляет 50-65%.

Отличительными особенностями Чернобыльских радиоактивных выпадений являются, как, разнообразие их форм - мелкодисперсные продукты дробления облученного топлива, продукты конденсации легколетучих радионуклидов и других компонентов, продукты адсорбции на аэрозолях, так и крайняя неоднородность плотности их выпадения по всей территории Зоны и гетерогенность форм выпадения.

#### Особенности ландшафтно-геохимического районирования.

Поле первичного радиоактивного загрязнения формировалось в природном ландшафте под воздействием особенностей рельефа и растительного покрова путем коррекции направления и скорости несущего воздушного потока.

Вторичное перераспределение радионуклидов происходит в рамках природного ландшафта. При этом сам ландшафт является ареной миграции, а его факторы определяют если не все, то большую часть условий переноса и аккумуляции загрязнителей.

Типизация ландшафтно-геохимических обстановок Зоны проведена В.С.Давыдчуком в соответствии принципам геохимической классификации ландшафтов ( А.И.Перельман, М.А.Глазовская ). Обстановки группируются в несколько классификационных уровней, по методике, предложенной В.А.Алексенко.

I классификационный уровень учитывает количественную роль биогенной миграции в формировании геохимических особенностей ландшафта. По изменению отношения биомассы к ежегодной продукции резко выделяются лесная и луговая группы. В пределах лесной группы выделяются ландшафты с хвойными, смешанными, черноольховыми и другими лесами. В пределах луговых фитоценозов в условиях Полесья преобладают супераквальные формы ландшафта, развивающиеся при господстве гидроморфных условий миграции и аккумуляции литогенного и биогенного вещества.

II классификационный уровень разделяет ландшафты в зависимости от физико-химических условий миграции элементов в почвах. В качестве определяющего миграцию фактора принят окислительно-восстановительный и щелочно-кислотный режим почвенных растворов. В пределах зоны выделяются три основных геохимических типа перераспределения вещества: 1) окислительный.

промывной ( $H^+$ ); 2) застойный кислый глеевый восстановительный ( $H^+ - Fe^{++}$ ); 3) возвратно-нисходящий переменный (окислительно-восстановительный) ( $H^+ = H^+ - Fe^{++}$ ).

III классификационный уровень учитывает влияния типоморфных элементов на миграцию вещества в почвогрунтах, а также воздействие таких факторов, как содержание и соотношение в них различных органических кислот, сорбционные характеристики почвенных горизонтов, т.е. компонентов, обладающих барьерообразующими свойствами.

IV классификационный уровень подразделяет ландшафты с учетом геоморфологических особенностей территории, определяющих гипсометрическое положение, скорость стока и инфильтрации поверхностных и уровень залегания грунтовых вод. В региональном плане для исследуемой территории прослеживается три основных геоморфологических типа: пойма, надпойменные террасы и междуречная равнина. В плане элементарных ландшафтов на этом уровне рассматриваются элювиальные (водораздельные) разности, трансэлювиальные (верхние части склонов), элювиально-аккумулятивные (нижние части склонов и сухих ложбин), аккумулятивно-элювиальные (местные замкнутые понижения с глубоким уровнем залегания грунтовых вод) и супераквальные (поймы, замкнутые понижения со слабым водообменом).

Исходя из понятия ландшафтно-геохимических барьеров, предложенного А.И.Перельманом, в ландшафтах зоны мы отмечаем прежде всего механические, ландшафтно-биогеохимические, сорбционные, глеевые и окислительные барьеры. Часто ландшафтно-геохимические барьеры встречаются в виде комплексных, сочетая, например, механические и сорбционные, механические, сорбционные и глеевые барьеры (возможны и другие сочетания). При этом наблюдается неравномерное распределение ландшафтно-геохимических барьеров на исследуемой территории, различную глубину их залегания и, как следствие, неодинаковую защищенность природных и элементарных ландшафтов. Все это заставляет уделить больше внимания изучению свойств и особенностей геохимических барьеров в почвенном слое. В первую очередь необходимо исследовать механизм действия того или иного барьера, его роль и эффективность в процессах миграции радионуклидов в различных условиях. В качестве примера нами рассмо-

трены возможности функционирования сорбционного и глеевого барьеров в разных ландшафтно-геохимических фациях.

В качестве опорных полигонов в проводимых ландшафтно-геохимических исследованиях были использованы площадки и профили, приуроченные к типичным ландшафтам территории и охватывающие основные типы почв Зоны.

Свойства почв как арены миграция радионуклидов.

Почва является основной составляющей частью естественного геохимического ландшафта, играющей главную роль в вертикальном распределении радионуклидов. К физико-химическим характеристикам почв, оказывающим наибольшее влияние на миграционные процессы, в первую очередь относятся: гранулометрический (механический) состав, минералогический состав, содержание и состав органического вещества, влажность, кислотность, плотность, состав почвенных вод и др. Так гранулометрический состав и плотность определяют наличие механического барьера; гранулометрический и минералогический состав (в особенности состав и процентное содержание глинистых минералов) влияют на сорбционные свойства почв, определяют емкость поглощения; состав органического вещества и кислотность почв играют роль как при ускорении процессов переноса радионуклидов, так и при их локализации в определенных условиях; естественное увлажнение и периодичность его изменения, а также химический состав почв определяет наличие и глубину залегания окислительного и глеевого барьеров и т.д. Существенное значение для процессов миграции имеет степень "окультуренности" почвенного слоя - она влияет и на гранулометрический, и на химический состав, т.е. компонентный состав поглощающего почвенного комплекса. Поэтому миграция радионуклидов в естественных и пахотных почвах будет идти по разному.

Проведенный эксперимент по оценке сорбционной емкости почв и отдельных гранулометрических фракций в отношении Cs и Sr (табл. 1).

Таблица 1  
Сорбция  $^{133}\text{Cs}$  гранулометрическими фракциями почв

элементарный ландшафт; тип почвы	интервал отбора, см	фракции		сорбировано		десорбир. %	
		размер, мм	содержание, %	мг/г	% от внес.	$\text{H}_2\text{O}$	$\text{HCl}$
элювиальный; дерново-подзолистая песчан. глеевая	5-30	валовая		0,8	16,2	31,2	24,5
		0,1-0,25	91,5	0,4	8,0	50,0	37,2
		0,01-0,1	6,4	1,1	22,0	22,7	21,4
		0,005-0,01	0,4	3,0	60,0	6,0	7,1
суперактивный; дерново-слабоподзолистая пылеватая-супесчан. огорфованная	2-23	0,005	0,7	2,2	44,5	5,5	3,4
		валовая		1,3	26,4	27,2	23,4
		0,1-0,25	91,7	0,5	10,0	44,3	35,9
		0,01-0,1	4,6	2,5	50,0	31,4	22,1
0,005-0,01	0,5	4,2	84,0	7,1	6,3		
0,005	2,8	4,2	84,0	5,8	2,8		

показал, что с повышением дисперсности почвенной фракции от 0.1-0.25 до 0.005 мм способность к обменной и необменной сорбции цезия возрастает в 3-4, а стронция в 1.5-2 раза. Величина сорбционного поглощения цезия прямопропорционально зависит от насыщенности коллоидного комплекса обменным кальцием, содержания в почве глинистых минералов и органического вещества, для стронция эта зависимость аналогична только в отношении содержания глинистой составляющей. Наиболее существенный вклад в значение сорбционной емкости тонкодисперсной фракции почвенного слоя вносят минералы монтмориллонитовой ассоциации.

Анализ соотношения между содержанием физической глины и минералогическим составом показал, что в глинистой фракции рыхлопесчаных почв (классификация почв по гранулометрическому составу дана по Н.А.Качинскому) содержится от 30 до 70% кварца и по 30% иллита, хлорита и монтмориллонита; связнопесчаных - 10-50% кварца, 10 - 50% иллита 10-30% хлорита и 10-20% монтмо-

риллонита супесчаныхных соответственно 10-30, 10-30, 10-30 и 20-30; легкосуглинистых-соответственно 10-20, 10-30, 20-30 и 20-30%.

Значительные различия физико-химических свойств почв, пространственная, природная и антропогенная дифференциация обуславливают неоднородность геохимических условий, при которых существенно отличаются процессы миграции и сорбции. Отсюда возникает необходимость картографирования почвенного покрова по параметрам, важным с точки зрения вторичного перераспределения радионуклидов.

Используя представительный фактический материал полевых и лабораторных исследований, с учетом типизации ландшафтно-геохимических обстановок Зоны по классификационным уровням, нами совместно с В.С.Давыдчуком и С.В.Михели была построена карта вещественного состава почвенного слоя (0-20 см) Зоны ЧАЭС. Базовой основой для нее послужила ландшафтная карта (М 1:100000). Проведена классификация ландшафтных урочищ по гранулометрическому составу почв. Минералогический состав отображен в процентном содержании физической глины и в территориальных различиях встречаемости того или иного минерала (группы минералов) - кварца, иллита, хлорита, монтмориллонита.

#### Миграция радионуклидов в ландшафтно-геохимических условиях Зоны отчуждения.

Мониторинг вертикальной миграции радионуклидов в почвах 30 км зоны проводился нами в 1986-1992 гг. Точки пробоотбора находятся на разном удалении от ЧАЭС, на участках с различной плотностью загрязнения и разными формами нахождения радионуклидов.

Почвенные профили опробовались послойно с интервалом 1 см до глубины 10 см и с интервалом 2-3 см до глубины 35-40 см.

Результаты исследований показывают, что в настоящее время основная масса радионуклидов (95-98%) по-прежнему сосредоточена в слое почвы 0 - 10 см, причем на слой 0 - 5 см приходится свыше 85-90% от общего их количества. На глубине более 20-25 см активность радиоцезия на большей части территории не превышает десятых долей нКи/кг, радио-стронция - от долей до единиц нКи/кг и только на участках с высокой плотностью загрязнения (более 100-200 Ки/км<sup>2</sup>) их активность может

активность может достигать нескольких нКи/кг. В таблице 2 представлена динамика изменения некоторых параметров вертикального распределения  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  за время наблюдения (в среднем по территории зоны).

Таблица 2  
Изменение параметров вертикального распределения радионуклидов в слое почв 0-30 см

Параметр распределения	1987	1989	1990	1991	1992
Слой с max активностью, см	0-1	0-1	0-1	0-1	1-2
Положение центра запаса, см	0.8	1.1	1.8	2.2	2.5
Содержание в слое 0-5 см, %	98.1	94.7	93.4	92.1	90.0
min слой с активностью более 90%, см	0-1	0-2	0-3	0-5	0-5

Наблюдаемое существенное уменьшение содержания радионуклидов в верхнем сантиметровом слое почв и в слое 0-5 см в первую очередь вызвано вертикальным перераспределением радиоизотопов, и, возможно, естественными процессами почвообразования - приростом погаварийного органоминерального почвенного слоя. Полученные нами и другими исследователями данные автордиографии и электронной микроскопии показывают, что одним из основных процессов заглубления нуклидов остается лессиваж "горячих частиц".

Миграция радионуклидов в различных ландшафтно-геохимических обстановках неодинакова. Это наглядно отражается в отличии заглубления центра запаса  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в почвах разных типов (табл. 3) и характере их распределения в почвенном профиле (Рис.1,2).

Общим для большинства типов почв является резкое снижение содержания радиоцезия ниже горизонта 0-4 см, радиостронция - 0-6 см. В более глубоких горизонтах их содержание стабилизируется не превышая 1-3% от общей активности в колонке. Для торфяников и торфяно-болотных почв снижение активности радионуклидов в верхнем 5-6 см слое не столь выражено.

Для почв элювиальных лесных ландшафтов практически не наблюдается изменений в картине вертикального распределения  $^{137}\text{Cs}$

Таблица 3

Динамика заглубления центра запаса Cs-137/Sr-90 в различных типах почв за период наблюдения

Тип почвы	Элементарный ландшафт	Биоценоз	Расположение центра запаса, см					
			1986	1987	1989	1990	1991	1992
дерново-скрытоподзолистая песчаная	элювиальный	лес сосновый		0.6/0.8		0.9/1.5	1.4	1.6/1.8
дерново-слабоподзолистая глинистопесчаная	элювиальный	лес сосновый	0.5/0.5	0.6/1.0		1.1/1.5		1.35/1.8
дерново-подзолистая глинисто-песчаная	элювиально-аккумулятивный	залежь	0.5	0.6/1.1	0.7/1.2	1.5		2.0/2.2
дерново-подзолистая поверхностно-оторфованная	транселювиально-аккумулятивный	лес черноольхов.		1.2	2.0		2.5	3.1-3.2
среднедерново-среднеподзолистая глеевая	супераквальный	пойменный луг		0.7/1.5	0.7	0.7	1.5/1.6	1.9/3.0
дерново-слабоподзолистая песчаная оторфованная	супераквальный	пойма неликрированная	0.7/0.7	0.8/0.7	0.9/1.2	1.7	2.0	3.4/4.0
торфяно-болотная	супераквальный	пойма заболочен.	0.7/0.7	1.5	2.0	2.2/2.5	2.5	3.1/4.5
пески слабозадернованные	транссупераквальный	пески пляжные	0.5	1.1/1.6	1.5	2.1		2.8/4.0

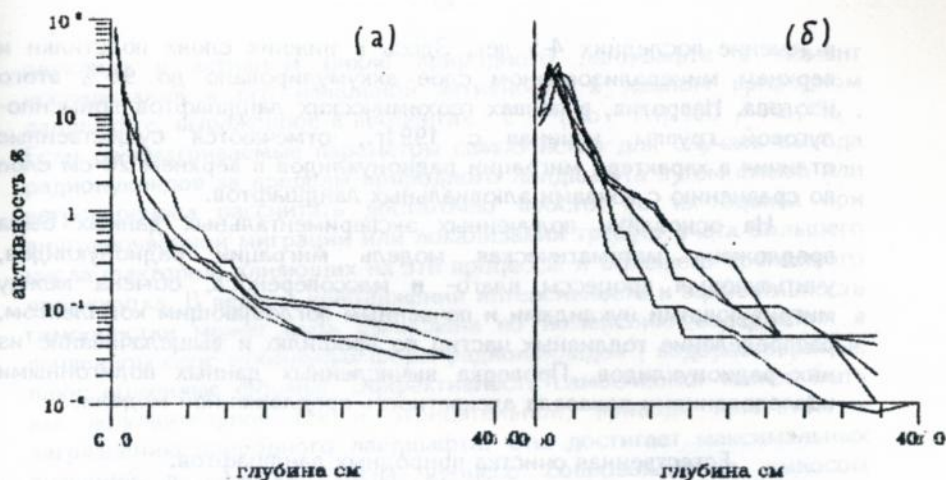


Рис.1 Распределение  $Cs-137$  в вертикальном профиле различных почв элювиальной (а) и супераквальной (б) групп ландшафтов.

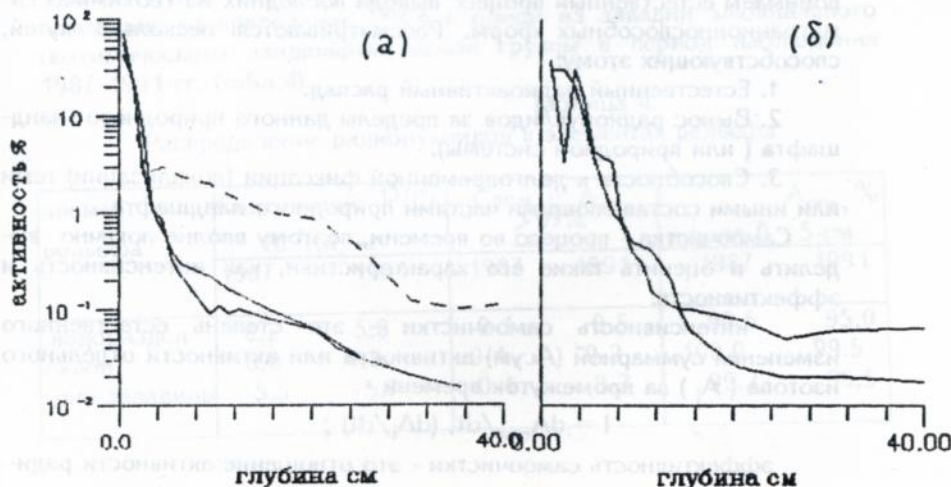


Рис.2 Распределение  $Sr-90$  в почвах элювиальной (а) и супераквальной (б) групп ландшафтов. (---) пески неадсорбированные.

в течение последних 4-5 лет. Здесь в нижних слоях подстилки и верхнем минерализованном слое аккумуляровано до 95% этого изотопа. Напротив, в почвах геохимических ландшафтов пойменно-луговой группы, начиная с 1991г., отмечаются существенные отличия в характере миграции радионуклидов в верхнем 20 см слое по сравнению с почвами элювиальных ландшафтов.

На основании полученных экспериментальных данных была предложена математическая модель миграции радионуклидов, учитывающая процессы влаго- и массопереноса, обмена между мигрирующими нуклидами и почвенным поглощающим комплексом, распределение топливных частиц по профилю и выщелачивание из них радионуклидов. Проверка вычисленных данных полигонными исследованиями показала адекватность предложенной модели.

#### Естественная очистка природных ландшафтов.

Исходя из предпосылки, что очистка любой экосистемы, как среды обитания человека, - это удаление из активного цикла (т.е. цикла, оканчивающегося продуктами питания или организмом человека) тем или иным путем какого-либо загрязнителя, под термином самоочистки природного ландшафта от радионуклидов мы понимаем естественный процесс вывода последних из геохимически-миграционноспособных форм. Рассматриваются несколько путей, способствующих этому:

1. Естественный радиоактивный распад.
2. Вынос радионуклидов за пределы данного природного ландшафта (или природной системы).
3. Способность к долговременной фиксации (локализации) теми или иными составляющими частями природного ландшафта.

Самоочистка - процесс во времени, поэтому вполне логично выделить и оценить такие его характеристики, как интенсивность и эффективность:

интенсивность самоочистки - это степень естественного изменения суммарной ( $A_{\text{сум}}$ ) активности или активности отдельного изотопа ( $A_i$ ) за промежуток времени -

$$I = dA_{\text{сум}}/dt, (dA_i/dt);$$

эффективность самоочистки - это отношение активности ради-

онуклида в активном цикле природного ландшафта в момент исследования к его начальной активности в данном природном ландшафте, выраженное в процентах -  $E = (A_0 - A_t) \cdot 100 / A_0, \%$ . Если рассматриваемые параметры самоочистки для случаев вывода радионуклидов за пределы природного ландшафта путем смыва или ветропереноса рассчитать достаточно просто, то их оценка при внутрпочвенной миграции или локализации требует учета большего числа факторов, влияющих на эти процессы и большего временного промежутка. В первом приближении интенсивность и эффективность самоочистки может быть вычислена по изменению содержания в почвенном слое мобильных форм радионуклидов ( водорастворимые плюс обменные формы). Эффективность самоочистки может быть как положительной так и отрицательной, приводя при этом к загрязнению природного ландшафта. Она достигает максимальных значений в случаях, когда процесс сопровождается выносом загрязнителя за пределы природной системы или его локализацией, если происходит только разбавление или образование нестойких малоподвижных соединений, то через определенное время наблюдается снижение эффективности самоочистки.

Одним из примеров самоочистки природной системы может служить изменение распределения  $^{137}\text{Cs}$  в одной из западин элювиального геохимического ландшафта лесной группы в период наблюдения 1987-1991 гг. (табл.4).

Таблица 4  
Распределение радионуклидов в элементах рельефа

элемент рельефа	Содержание $^{137}\text{Cs}$ $\cdot 10^{-7}\text{Ки/кг}$		Слой с $A_{\text{сум}} > 95\%$ см		$A_{\text{сум}}, \%$ в слое 0 - 5 см	
	1987	1991	1987	1991	1987	1991
водораздел	6.2	5.8	0-1	0-5	99.5	95.0
склон	6.0	4.8	0-1	0-2	100.0	99.5
дно западины	5.5	5.7	0-1	0-3	99.3	96.5

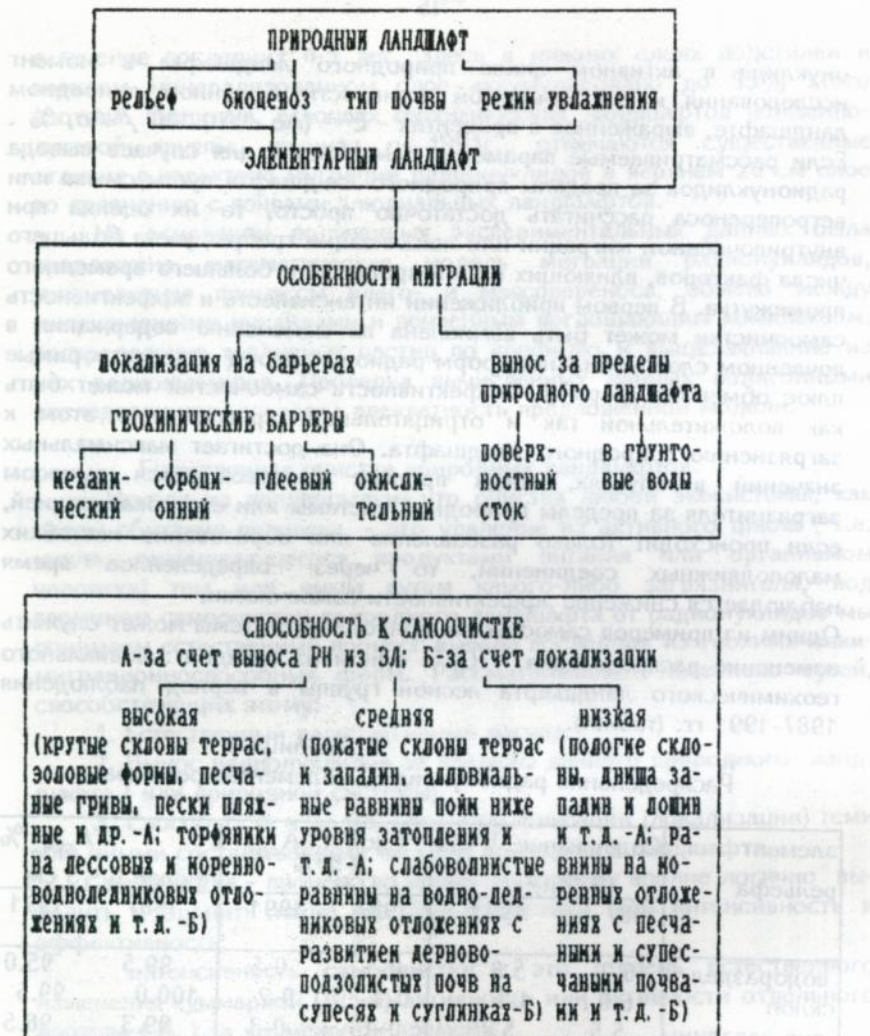


Рис. 3 Схема классификации природных ландшафтов по их способности к самоочистке с учетом абюогенных факторов.

Эффективность самоочистки склона западины (с учетом естественного распада радиоцезия и погрешности эксперимента) за 4 года составила 12.5%. Интенсивность процесса при этом была равна  $0.19 \cdot 10^{-7}$  Ки/кг\*год.

Предложена схема (рис.3) классификации почв и элементарных геохимических ландшафтов по их способности к самоочистке.

Оценка способности геохимического ландшафта к самоочистке, знание ее направленности, интенсивности и эффективности является основополагающей при любых вмешательствах человека с целью улучшения экологической обстановки природной системы.

### Заключение.

Проведенные на территории зоны отчуждения ландшафтно-геохимические исследования позволили сделать следующие выводы:

1. По данным гранулометрического и минералогического состава верхнего горизонта почв на территории зоны господствуют рыхло- и связнопесчаные почвы с содержанием физической глины от 0 до 5 и от 5 до 10%, супесчаные и легкосуглинистые почвы с содержанием физической глины 10-20 и 20-30% занимают значительно меньшую территорию; распространены ареалы с равным соотношением кварца и глиняных минералов, ареалы с явным преобладанием одного из минералов встречаются значительно реже.

2. Основными факторами, определяющими подвижность радионуклидов в верхних почвенных слоях зоны, является количество и состав токодисперсной минеральной фракции и содержание органического вещества.

3. По характеру и направленности геохимических процессов, по количеству и типам геохимических барьеров выделяются две резко отличающиеся группы ландшафтов - супераквальные луговые и элювиальные лесные. Наименее обеспечены геохимическими барьерами элювиальные и трансэлювиальные ландшафты лесной группы, развитые на зандровых отложениях.

4. Сопоставление парных проб вертикальных почвенных разрезов сопряженных элювиальных ландшафтов лесной группы и аккумулятивных луговой, отобранных на различном расстоянии от

ЧАЭС показывает, что картина распределения радионуклидов в гумусовой части почвенного профиля этих групп существенно отлична, но практически идентична в пределах однотипных элементарных ландшафтов. Характер миграции зависит от форм выпадения загрязнителей и степени увлажнения почвы.

5. По способности удерживать радионуклиды геохимический ряд почв выглядит следующим образом (в порядке возрастания): - песчаные незадернованные и слабозадернованные - дерново-подзолистые на песках - дерново-подзолистые на супесях - пойменные лугово-болотные - дерново-подзолистые на моренных суглинках - торфяно-болотные - дерново-луговые - дерново-подзолистые на лессовидных суглинках-торфяные.

6. Предложенный ландшафтно-геохимический подход к оценке обеспеченности элементарных ландшафтов геохимическими барьерами и способности природных систем к самоочистке позволит более детально изучить закономерности процессов миграции радионуклидов в отдельных природных ландшафтах и на всей территории, подверженной влиянию аварии на ЧАЭС. Предлагается ряд рекомендаций при проведении работ и прогнозировании ситуации в Зоне:

- использовать карту вещественного состава почвенного слоя Зоны и фактические данные работы при прогнозировании загрязнения подземных вод территории;
- при создании ПЗРО и проектировании комплекса по переработке РАО учитывать удерживающую способность почв и грунтов;
- учитывать данные по эффективности самоочистки природных ландшафтов при разработке долгосрочных мероприятий по рациональному использованию территории Зоны.

7. Отработанная система наблюдений и количественной параметризации факторов миграции и локализации радиоактивных загрязнителей может быть рекомендована для долгосрочного мониторинга поведения радионуклидов в ландшафтно-геохимических условиях зоны влияния аварии на ЧАЭС. Она позволит прогнозировать скорость процессов самоочистки или естественной реабилитации загрязненных территорий.

По теме диссертации опубликованы следующие работы:

1.Изотопный состав урана и содержание плутония в почвах и донных отложениях района ЧАЭС.-Тез.докл. I научно-технического семинара по основным результатам ликвидации последствий аварии на ЧАЭС (итоги двухлетней работы), Чернобыль, 1988, с.141-142. Соавтор - Чебаненко С.И.

2.Изучение форм нахождения радионуклидов в почвах Украинского Полесья. -В сб."Химия комплексных соединений", тез.докл. XVII Всес.Чугаевского совещ., ч.4, Минск, 1990, с.687. Соавторы - Кокот Т.К., Мицкевич Б.Ф., Самчук А.И., Сущик Ю.Я.

3.Изучение вертикального распределения радионуклидов на калибровочных ландшафтных площадках в 30 км зоне ЧАЭС. -В сб. "Геохимические пути миграции искусственных радионуклидов в биосфере", тез.докл. IV конференции по программе "АЭС-ВО", Гомель, 1990, с.36-38. Соавторы -Стукин Е.Д., Сущик Ю.Я., Халикова Р.Х.

4.Изучение форм нахождения радионуклидов в почвах и разработка методики долгосрочного прогноза миграции в зоне влияния ЧАЭС. - В сб. "Геохимия техногенеза", тез.докл. II Всесоюзного совещания, Минск, 1991, с.183-185. Соавторы - Мицкевич Б.Ф., Самчук А.И., Сущик Ю.Я., Радчук В.В.

5.Геохимия радиоцезия в почвах Полесских ландшафтов. Весник КГУ "Прикладная геохимия и петрофизика", вып.17, КГУ, Киев, 1991, с.30-40. Соавторы - Бережная Л.М., Мицкевич Б.Ф., Самчук А.И., Сущик Ю.Я.

6.Влияние сорбционно-десорбционных процессов на миграцию радиоцезия в почвах. -В сб."Радионуклиды в экологических исследованиях", Наук.д.,Киев,1992, с.35-46. Соавторы -Мицкевич Б.Ф., Самчук А.И., Сущик Ю.Я.

7.Моделирование процесса миграции радионуклидов в почвогрунтах. Препр., Чернобыль, 1992, 52 с. Соавторы -Кива С.Л., Колябина И.Л., Пашко С.В., Проскура Н.И., Рыбалко С.И., Черная Ж.А.





AB 29.428