

УРАЛЬСКИЙ ФИЛИАЛ АКАДЕМИИ НАУК С С С Р
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ

На правах рукописи.

Н. В. КУЛИКОВ

**О ДЕЙСТВИИ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ НА
ФИТОЦЕНОЗЫ И ВЛИЯНИИ ФИТОЦЕНОЗОВ
НА ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ
РАДИОИЗОТОПОВ В ПОЧВЕ**

**АВТОРЕФЕРАТ
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА БИОЛОГИЧЕСКИХ НАУК**

СВЕРДЛОВСК—1961

УРАЛЬСКИЙ ФИЛИАЛ АКАДЕМИИ НАУК С С С Р

ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ

На правах рукописи.

Н. В. КУЛИКОВ

О ДЕЙСТВИИ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ НА
ФИТОЦЕНОЗЫ И ВЛИЯНИИ ФИТОЦЕНОЗОВ
НА ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ
РАДИОИЗОТОПОВ В ПОЧВЕ

АВТОРЕФЕРАТ
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА БИОЛОГИЧЕСКИХ НАУК

СВЕРДЛОВСК—1961

Работа выполнена в лаборатории биофизики Института биологии Уральского филиала АН СССР.

Диссертация изложена на 148 стр. машинописи, иллюстрирована 30 таблицами и 23 графиками. В библиографическом указателе приводятся 127 отечественных и 48 иностранных источников.

Научный руководитель — заведующий лабораторией биофизики Института биологии УФАИ СССР, Н. В. Тимофеев-Ресовский.

Просим Вас и сотрудников Вашего учреждения, интересующихся темой диссертации, принять участие в заседании Ученого совета, посвященном защите, или прислать свои отзывы.

О дне и времени защиты за 10 дней будет объявлено в газете „Уральский рабочий“ или „Вечерний Свердловск“.

Предварительно защита намечена на

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Горногеологического института Уральского филиала АН СССР (г. Свердловск, Почтовый переулок, № 7).

Ваши отзывы и пожелания направляйте по адресу: г. Свердловск, ул. Софьи Ковалевской, 13, Ученому секретарю Объединенного Ученого совета Г. П. Блохину.

Дата отправки реферата

Ученый секретарь Президиума УФАИ СССР,
кандидат наук Г. П. БЛОХИН.

НС 27427. Подписано к печати 8.III-1961 г. Объем 1 печат. лист.
Заказ 729. Бесплатно. Тираж 170 экз.

Типография Свердловполиграфиздата,
г. Березовский, ул. Советская, 11.

ВВЕДЕНИЕ

Быстрые темпы развития атомной промышленности и широкое использование ее продуктов в народном хозяйстве неизбежно создают условия повышения радиоактивного фона на нашей планете и локального загрязнения отдельных участков земной поверхности радиоактивными изотопами. Последствия такого рода загрязнений для окружающей нас живой природы остаются еще мало изученными. В частности, недостаточно изученными являются вопросы, связанные с действием попавших в почву излучателей на растительные сообщества, которые, как известно, формируют, в основном, весь естественный растительный покров Земли. Далеко не полно изучена и другая, не менее важная сторона этой проблемы, а именно, влияние растительных сообществ на судьбу попавших в среду их обитания радиоизотопов. Ясно, что без тщательного и всестороннего изучения этой сложной системы взаимного влияния излучателей, как фактора воздействия на развитие и формирование растительных сообществ, и сообществ растений, как фактора, влияющего на поведение радиоизотопов в условиях той или иной среды, нельзя в полной мере предвидеть возможные последствия радиоактивных загрязнений на окружающую природу и нельзя разумно подойти к решению задач по борьбе с этими загрязнениями.

В настоящей работе представлены основные результаты проведенных автором исследований по изучению действия радиоактивных осколков урана на развитие и формирование экспериментальных фитоценозов, с одной стороны, и влияния фитоценоза на перераспределение некоторых радиоизотопов в почве, — с другой. Кроме того, приведены основные данные опытов по применению комплексонов в качестве фактора мобилизации радиоизотопов и некоторых микроэлементов в системе почва-растение.

Диссертация состоит из следующих разделов:

1. Введение.
2. Материал и методика.
3. Экспериментальная часть, подразделенная на три главы:

а) Действие излучателей на биомассу и структуру экспериментальных фитоценозов. В этой главе, помимо результатов собственных исследований, приводятся некоторые данные, полученные в такого же рода опытах сотрудниками нашей лаборатории Н. В. Тимофеевым-Ресовским, Е. А. Тимофеевой-Ресовской, Н. А. Порядковой и Е. Н. Сокуровой. б) Влияние фитоценоза на миграцию и перераспределение радиоизотопов в почве. в) Влияние этилендиаминтетраацетата (ЭДТА) на поведение некоторых радиоизотопов в системе почва-растение.

4. Заключение

5. Выводы

6. Литература.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В опытах по изучению действия излучателей на биомассу и структуру экспериментального фитоценоза использовалась методика предпосевного намачивания семян определенного набора видов травянистых растений в растворе радиоактивных осколков урана, концентрацией в 2, 20 и 200 мкюри на 1 литр. Контролем служили сообщества растений, сформированные посевом этого же набора семян, замоченных перед посевом в обыкновенной водопроводной воде. Обработанные указанным способом семена высевались на грядки площадью 1х10 м в пяти повторностях. В течение одного вегетационного сезона над развивавшимися сообществами велись визуальные наблюдения, а на специально выделенных пробных площадках проводился учет численности и веса надземной массы всех видов растений, устанавливалось распределение растений по вертикальным ярусам сообщества и измерялась их радиоактивность.

Сотрудниками нашей лаборатории Н. В. Тимофеевым-Ресовским, Н. А. Порядковой и Е. Н. Сокуровой параллельно были проведены такие же опыты с внесением осколков урана в почву в дозах: 1, 5, 25, 50 и 100 мкюри на 1 м² площади экспериментальных делянок.

Опыты по изучению роли растений в горизонтальном перемещении излучателей в почве проводились в ящиках размером 200×80×60 см. с пятью радиоизотопами: кобальтом—60, стронцием—89, рутением — 106, цезием— 137 и церием — 144. В почву, у одного из торцов ящика вносилось определенное количество того или иного радиоизотопа, после чего одни ящики (опыт) засеивались травянистой растительностью, а другие (контроль) в течение всего вегетационного сезона поддерживались в чистом

виде, т. е. без растительного покрова. В конце сезона на разных расстояниях от места внесения радиоизотопа брались пробы почвы и растений, измерялась их радиоактивность и, таким образом, прослеживалось перемещение излучателей в почве и по растительному покрову.

Опыты по изучению влияния травянистого фитоценоза на вертикальное перераспределение радиоизотопов в почве были проведены с кобальтом — ^{60}Co . Раствор хлористого кобальта, меченого радиоизотопом ^{60}Co , путем фракционированного полива и тщательного смешивания с соответствующими слоями почвы вносился в опытные делянки площадью 100×100 см. на разную глубину и в разные почвенные горизонты. Радиоактивность вносимого в каждую опытную делянку препарата кобальта составляла 19 мкюри. В первой группе делянок, которые содержали в себе до глубины 100 см однородную почвенную смесь, снятую с верхнего слоя старопашотного участка, радиоактивные слои размещались на глубине 0—10, 10—30, 30—50, 50—70 и 70—90 см; во второй группе делянок эти слои были на глубине 0—10, 10—30, 30—50 и 50—70 см, причем, каждой глубине здесь соответствовал свой естественный почвенный горизонт, соответственно, горизонты А₁, А, В и ДС; в третьей же группе делянок разные почвенные горизонты (А, В и ДС), смешанные предварительно с радиоактивным препаратом кобальта, были размещены на одинаковой глубине от 30 до 50 см. В течение трех вегетационных сезонов все делянки засеивались смесью семян шести видов растений, представленных овсом, тимофеевкой, викой, горохом, клевером и люцерной, и путем измерения радиоактивности растений и взвешивания их надземной массы изучался вынос кобальта этим фитоценозом на дневную поверхность. Через три года после внесения кобальта по всему профилю этих делянок были сделаны вертикальные разрезы, из которых были взяты пробы почвы и корневой системы растений и измерена их радиоактивность. Таким способом была изучена картина вертикального перераспределения внесенного в почву кобальта по всем вариантам опыта.

Методика основных опытов по изучению действия ЭДТА на поведение излучателей в системе почва-растение заключалась в следующем. Сначала была изучена сорбция девяти различных радиоизотопов (кальция—45, железа—59, кобальта—60, цинка—65, стронция—90, иттрия—91, циркония—95, рутения—106 и цезия—137) почвой из водных растворов с разной концентрацией двуназриевой соли ЭДТА. Количество сорбированного почвой элемента

определялось по разности радиоактивности исходного раствора и радиоактивности его после взаимодействия с почвенной навеской. Растворы и навески воздушно-сухой почвы помещались в стеклянные пробирки емкостью 75 мл и перемешивались до установления равновесия радиоактивности между раствором и почвой. В вегетационных условиях была проведена серия опытов по изучению действия вносимого в почву ЭДТА на развитие растений и накопление ими радионуклидов кобальта —⁶⁰, стронция —⁹⁰, рутения —¹⁰⁶ и цезия —¹³⁷; при этом, более подробные исследования были проведены с кобальтом на двух видах растений (вике и овсе), отличающихся по темпам накопления этого элемента из почвы. Опыты ставились в вегетационных сосудах, вмещающих 2 кг воздушно-сухой почвы, в двух повторностях. В одних опытах в почву перед посевом сначала вносился хлорид кобальта, меченый по радионуклиду Co^{60} , а затем — раствор или порошковидный препарат двуназиевой соли ЭДТА; в других опытах, наоборот, сначала вносился ЭДТА, а затем кобальт. Кроме того, были варианты, где кобальт вносился перед посевом в виде готового комплекса Co-ЭДТА или, где раствор ЭДТА вносился поливом под развивающиеся на смешанной с кобальтом почве растения. Доза комплекса в разных вариантах опыта варьировалась от 10 до 1500 мг на 1 кг почвы. Все вегетационные сосуды устанавливались на эмалированные поддонники, служившие для сбора почвенного фильтрата, проходящего через почву от поливов и выпадающих дождей. Учитывая вес растений и количество почвенного фильтрата с последующим измерением их радиоактивности, определялось накопление кобальта растениями и содержание его в почвенном растворе.

Были проведены опыты по изучению устойчивости комплекса Co-ЭДТА в почве во времени, а также по изучению поглощения этого комплекса растениями из водных растворов и выделения его из растений в окружающую среду.

РЕЗУЛЬТАТЫ ОПЫТОВ

Изложение и обсуждение результатов работы будет дано в соответствии с подразделением экспериментального раздела диссертации на главы.

а) Действие излучателей на биомассу и структуру фитоценозов. Результаты опытов по внесению радиоактивных осколков урана в среду обитания сообществ растений и по замачиванию в растворе этих излучателей высеваемых в почву семян показали, что радио-

активные изотопы оказывают существенное влияние на формирование и развитие фитоценозов, выражающееся как в изменении общей биомассы этих фитоценозов, так и в изменении их видового состава и ярусной структуры. Относительно слабые концентрации радиоизотопов вызывают некоторую стимуляцию развития растительных сообществ без существенных изменений их состава и основной структуры; высокие же концентрации, наряду с общим угнетением развития и снижением биомассы фитоценозов, резко изменяют их видовой состав и характер распределения отдельных видов по ярусам. В этом случае, целый ряд менее радиорезистентных видов растений полностью выпадает из состава сообщества, другие — оказываются сильно подавленными и спускаются в более низкие ярусы, а третьи, более радиорезистентные виды, — становятся в сообществе доминирующими. Иногда можно наблюдать, что при малых концентрациях радиоизотопов отдельные виды растений, на фоне общей стимуляции биомассы сообщества, вдруг оказываются подавленными, а при сильных концентрациях, на фоне общего подавления биомассы растений, некоторые виды проявляют весьма заметную стимуляцию. Изучение такого рода явлений с точки зрения динамики видового состава и ярусной структуры фитоценозов показало, что они связаны с процессами перестройки этих фитоценозов. При слабых концентрациях радиоизотопов некоторая стимуляция более мощных и быстро растущих видов первого яруса влечет за собой в перенаселенном сообществе заметное угнетение медленно растущих видов нижних ярусов; а подавление развития и сильное разреживание этого первого яруса при высоких концентрациях излучателей, ведет, благодаря улучшению эдафических условий, к своего рода стимуляции развития тех видов нижних ярусов, которые были угнетены в сообществах растений с более слабыми концентрациями излучателей.

В сообществах почвенных бактерий и пресноводного перифитона, значительно более радиорезистентных по сравнению с высшими растениями, та или иная степень стимуляции наблюдалась и при относительно высоких концентрациях радиоизотопов в их среде обитания (Тимофеев-Ресовский, Порядкова, Сокурова и Тимофеева-Ресовская, 1957 г.). Это явление всегда сопровождалось (вероятно, благодаря высокой скорости размножения этих организмов) заметной перестройкой видового состава сообщества.

Необходимо отметить, что все опыты с высшими растениями проводились нами на искусственных фитоценозах, составленных из довольно случайного набора видов растений и вегетировавших в условиях эксперимента в течение лишь одного вегетационного се-

зона. Вскрытые здесь закономерности хотя и дают некоторое представление о возможных реакциях растительных сообществ на попадание в их среду обитания радиоактивных изотопов, тем не менее, оно далеко еще недостаточно. Эти опыты имеют скорее рекогносцировочный характер, но ценность их на наш взгляд заключается в том, что они дали возможность увидеть наиболее общие явления, происходящие в разных типах сообществ живых организмов под влиянием излучателей. Это, в частности, хорошо подтверждается тем, что несмотря на существенную разницу в способах воздействия излучателями и на различие типов сообществ растений (наземный фитоценоз, почвенные бактерии и пресноводный перифитон), реакции указанных фитоценозов на эти воздействия оказались весьма сходными.

Нужно полагать, что в естественных условиях фитоценозы будут, примерно, так же реагировать на загрязнения их среды обитания радиоактивными изотопами. На участках с малыми концентрациями загрязнений, по-видимому, можно ожидать некоторую стимуляцию развития растений без каких-либо заметных перестроек состава и структуры фитоценозов. В зонах с высокими концентрациями этих загрязнений развитие растений неизбежно будет подавляться, а это, в свою очередь, повлечет за собой существенные изменения видового состава фитоценозов и их общей структуры. Однако, и в зонах с относительно малыми концентрациями радиоактивных загрязнений многолетние естественные фитоценозы со временем могут получить довольно значительные дозы облучения. Следовательно, и в этих случаях можно ожидать заметных перестроек растительных сообществ в виде отдаленных последствий. Проявление куммулятивных эффектов со временем будет ускоряться за счет возникновения в растениях концентрированных очагов внутреннего облучения в результате накопления радиоизотопов из почвы. В зонах сильного радиоактивного загрязнения эти отдаленные эффекты должны носить более выраженный характер.

б) Влияние фитоценоза на миграцию и перераспределение радиоизотопов в почве. Проведенные опыты показали, что растительные сообщества, не только определенным образом изменяются под воздействием попавших в среду их обитания излучателей, но и сами оказывают влияние на дальнейшую судьбу этих излучателей в биогеоценозе. Опытами по изучению горизонтальной миграции радиоизотопов в почве показано, что роль травянистого покрова в перемещении разных радиоизотопов далеко неодинакова. Например, стронций и церий сравнительно легко мигрируют с почвенными ра-

створами и по растительному покрову; рутений и цезий преимущественно перемещаются по растениям, а кобальт, по крайней мере в течение одного вегетационного сезона, практически не мигрирует из места первичного его внесения в почву ни с почвенными растворами, ни по растительному покрову. Только при весьма значительных дозах локального «загрязнения» и по истечении более продолжительных сроков времени нами наблюдалось незначительное его перемещение по растениям (Куликов, 1960). Среди всех изученных элементов кобальт в условиях почвенной среды всегда отличается весьма незначительной миграционной способностью. Об этом хорошо свидетельствовали и опыты по изучению вертикального перераспределения этого элемента в почве. Даже при поверхностных внесениях его в почву (на глубину до 30 см), в зону с максимальным насыщением корневой системой растений, общий вынос его надземной массой фитоценозов за три вегетационных сезона не превышал сотых долей процента от внесенного в почву количества. С глубины от 30 до 50 см этот вынос снижался до тысячных долей процента, а на больших глубинах кобальт оставался фактически недоступным для надземной массы растений. Было отмечено также, что с увеличением времени контактирования кобальта с почвой прочность связывания его почвенными частицами увеличивается, в результате чего поступление его в растения со временем снижается. С увеличением содержания гумуса в почве поступление кобальта в растения тоже снижается. По-видимому, это происходит потому, что компоненты почвенного гумуса способны переводить данный элемент в еще менее растворимые и труднодоступные для растений формы. Общий вынос кобальта на дневную поверхность в значительной мере зависит и от видового состава фитоценоза, так как разные виды растений обладают неодинаковой способностью накапливать его в своих тканях из почвы. Например, вика, горох, горец и некоторые другие виды концентрировали его в своей надземной массе сильнее и поглощали данный элемент с больших глубин почвы, чем злаки. Следовательно, несмотря на очень слабое поступление кобальта в надземную массу растений, содержание его в растениях до некоторой степени можно увеличивать путем подбора таких фитоценозов, в составе которых будут находиться преимущественно растения с повышенной способностью накапливать этот элемент из почвы. Такая практика возделывания искусственных фитоценозов в кормовых целях, по-видимому, должна найти более широкое применение в тех геохимических провинциях, в которых обнаружена недостаточность кобальта в почве. Отмечено, что содержание кобальта на единицу веса сухого вещества растений выше в начальные фазы вегетации, чем в более поздние, хотя поступ-

ление его в растения продолжается в течение всего вегетационного сезона. В листьях растений кобальт накапливается в большей степени, чем в стеблях и семенах, но больше всего его содержится в корневой системе. Как показали опыты, миграционная способность кобальта в пределах самого растительного организма также очень невелика. В частности, на это указывают данные распределения радиокобальта по разным частям корневой системы растений в почве. Отмечено, что радиоактивный изотоп кобальта в основном накапливается в той лишь зоне корней, которая находится в непосредственном контакте с радиоактивной почвой. В корнях, расположенных за пределами радиоактивного слоя почвы, содержание его всегда резко понижено.

Изучение распределения радиокобальта по слоям почвенного профиля через три года после внесения его в почву показало, что кобальт почти целиком остается в той зоне почвенного профиля, в которую он был внесен первоначально. Следовательно, в обычных природных условиях кобальт не только слабо поглощается растениями, но и очень мало поддается вымыванию и перемещению в почве проходящими через нее почвенными растворами.

Суммируя весь полученный нами материал по изучению миграции радиоизотопов в почве и учитывая имеющиеся в литературе данные других исследователей по этому вопросу, можно сделать заключение, что большинство радиоизотопов и ряд микроэлементов весьма прочно закрепляются в почвенном поглощающем комплексе и этим, в основном, определяется их слабая мобильность в системе почва-растение. Поиски путей повышения этой мобильности приобрели в настоящее время особую важность как с точки зрения нахождения более радикальных способов очистки загрязненных радиоактивными изотопами участков земной поверхности, так и с точки зрения повышения доступности некоторых микроэлементов из почвы растениям.

в) О влиянии этилендиаминтетраацетата (ЭДТА) на поведение радиоизотопов в системе почва-растение. Опыты по изучению действия двунариевой соли ЭДТА на сорбцию радиоизотопов: кальция—45, железа—59, кобальта—60, цинка—65, стронция—90, иттрия—91, циркония—95, рутения—106 и цезия—137 почвой из водных растворов и на поглощение некоторых из этих элементов растениями из почвы показали, что комплексобразующие соединения могут быть использованы в качестве эффективного средства воздействия на поведение отдельных радиоизотопов в системе почва-почвенный раствор-растение. Образую с катионами этих ра-

диоизотопов устойчивые комплексные соединения, комплексон лишает их способности сорбироваться на почве, за счет этого резко возрастает их содержание в почвенном растворе и значительно увеличивается поступление в растения. Такими элементами в наших опытах были железо, кобальт, цинк и иттрий. Можно полагать, что сходное влияние ЭДТА будет оказывать на медь, никель и целый ряд других элементов, которые образуют с этим комплексом соединения, характеризующиеся высокими значениями констант устойчивости (Шварценбах и др., 1954).

Более подробные опыты, проведенные нами с кобальтом, позволили вскрыть целый ряд интересных особенностей действия ЭДТА на развитие растений и накопление ими этого микроэлемента из почвы. Опыты показали, что чувствительность разных видов растений к определенным дозам комплексона в почве неодинакова. Например, вика уже при дозе комплексона в 300 мг на 1 кг почвы проявляла явные признаки подавления, в то же время овес даже при дозе в 1500 мг развивался вполне нормально. Наряду с этим было отмечено, что вика при одинаковых дозах ЭДТА в почве значительно сильнее накапливает кобальт, чем овес. На основании этого можно полагать, что различия в чувствительности этих двух видов растений определяется, в основном, интенсивностью накопления комплексоната кобальта и самого комплексона в тканях растения. При малых дозах ЭДТА в почве, хотя и наблюдалось значительное повышение поступления кобальта в растения, тем не менее, развитие растений проходило нормально. Максимальный эффект поступления кобальта в растения проявлялся при внесении в почву готового комплекса Со-ЭДТА. В этом случае кобальта обнаруживалось в надземной массе растений вики в 17 раз, в корнях в 10-11 раз, а в почвенном растворе — в 150 раз больше, чем в контроле. Как показали последующие опыты, избыток комплексона по отношению к весовому количеству кобальта в исходном препарате ведет к снижению накопления микроэлемента растениями. Это явление нами объясняется образованием, при избытках комплексона в среде, свободных молекул ЭДТА и их комплексных соединений с другими катионами почвенного раствора, которые вступают в конкуренцию с комплексом Со-ЭДТА при поступлении его в растения. Таким образом, чем больше в среде будет подобного рода конкурирующих соединений, тем вероятность поступления закомплексованного кобальта в растения будет ниже.

Интересными оказались данные опытов по изучению устойчивости комплекса Со-ЭДТА в почве во времени. Эти данные показали, что комплекс Со-ЭДТА длительное время (в наших опытах — до

6,5 месяцев) сохраняется в почве, не проявляя никаких признаков распада, разрушения или вытеснения кобальта из его комплексного соединения другими катионами почвенной среды. Такая высокая степень устойчивости комплекса Со-ЭДТА и его большая эффективность в повышении доступности кобальта из почвы растениям позволяет нам указать на перспективность его применения в сельском хозяйстве в качестве кобальтового микроудобрения. К сожалению, наша промышленность еще не наладила производство хелатных удобрений для нужд сельского хозяйства. Но надо полагать, что в ближайшее время эти удобрения найдут широкое применение. В связи с этим следует напомнить, что при промышленном изготовлении соединений Со-ЭДТА нельзя допускать заметного избытка комплексона над весовым количеством микроэлемента. Как показали наши опыты, этот избыток ведет, с одной стороны, к снижению поступления микроэлемента в растения и, следовательно, к снижению эффективности удобрения, а с другой стороны, при значительных избытках комплексона, — к возможности поражения растений и к снижению их урожайности.

Способность комплексонов к повышению мобильности катионов металлов в условиях почвенной среды указывает и на перспективность их применения для дезактивации загрязненных радиоактивными изотопами почв. Из всех возможных радиоактивных загрязнителей, как известно, наибольшую опасность представляет стронций—90, хотя и другие долгоживущие радиоизотопы в случае попадания их на земную поверхность также опасны. Радиоактивный стронций, в отличие от большинства других радиоизотопов, сравнительно легко поступает в растения и, следовательно, очистка почв от этого элемента в заметной мере может производиться путем возделывания на загрязненных участках определенных фитоценозов с последующим удалением их надземной массы, сжиганием ее и захоронением в строго контролируемые места. Не исключена возможность, что в будущем удастся создать комплексоны, соединения которых со стронцием будут иметь высокие значения констант устойчивости. Внесение таких комплексонов в почву загрязненных стронцием участков будет ускорять процессы ее очистки от этого элемента. Эксплуатация почв, загрязненных радиоизотопами, которые прочно связываются почвенными частицами и слабо поступают в растения, должно, на наш взгляд, идти, в основном, по пути глубокого (до 70-100 см) запахивания верхнего загрязненного слоя с последующим возделыванием на таких участках культур растений, отличающихся низкими темпами накопления этих радиоизотопов из почвы. Но иногда, вероятно, будет целесообразным и в таких случаях применять комплексоны. Путем внесения

комплексонов в почву можно будет переводить целый ряд радиоизотопов в растворимые и подвижные формы, что в значительной мере повысит роль растительного покрова в очистке почвы и увеличит вымывание этих радиоизотопов с почвенными водами.

О С Н О В Н Ы Е В Ы В О Д Ы

1. Замачивание высеваемых в почву семян в растворе радиоактивных осколков урана, а также внесение этих излучателей в среду обитания однолетних сообществ растений при относительно слабых концентрациях вызывает некоторую стимуляцию развития растительных сообществ без существенных изменений их видового состава и ярусной структуры; высокие концентрации излучателей угнетают развитие фитоценозов, снижают их биомассу, резко изменяют видовой состав и характер распределения отдельных видов по ярусам. Многолетние же естественные фитоценозы даже при относительно слабых загрязнениях среды со временем могут получить значительные дозы облучения, что должно повести к их перестройке и обеднению в виде отдаленных последствий.

2. Влияние травянистого фитоценоза на судьбу радиоизотопов в почве проявляется в частичном перемещении излучателей в горизонтальном и вертикальном направлениях от места первичного загрязнения. Сравнительно легко перемещаются по растительному покрову стронций—89 и церий—144, хуже—рутений—106, и цезий—137 и очень слабыми миграционными свойствами в почве обладает кобальт — 60.

3. Общий вынос кобальта (при поверхностных внесениях его в почву, на глубину до 30 см) надземной массой однолетнего травянистого фитоценоза не превышал сотых долей процента от внесенного количества; с глубины от 30 до 50 см вынос снижался до тысячных долей процента, а с больших глубин он не выносился растениями вовсе. С увеличением времени контактирования кобальта с почвой поглощение его растениями снижается, снижается оно также и с повышением содержания в почве гумуса. При равных условиях бобовые растения накапливают кобальт в своей надземной массе сильнее и поглощают его с больших глубин, чем злаковые.

4. В естественных условиях кобальт плохо вымывается из почвы почвенными растворами. Через три года после внесения его в почву он почти целиком остается в той зоне почвенного профиля, в которую был внесен первоначально.

5. Опытами по изучению действия комплексона ЭДТА на сорбцию радиоизотопов почвой из водных растворов, с одной стороны, и на поглощение их из почвы растениями, — с другой, показана возможность использования комплексобразующих соединений для повышения мобильности ряда микроэлементов в системе почва-растение.

6. Высокая эффективность ЭДТА была показана в опытах с кобальтом. Внесение в почву готового комплекса Со-ЭДТА в сотни раз повышает подвижность этого элемента с почвенными растворами и в десятки раз увеличивает его накопление растениями. Подвижность кобальта увеличивается также и при внесении в почву раствора или порошковидного препарата двунатриевой соли ЭДТА.

7. Высокая степень устойчивости комплексного соединения Со-ЭДТА и его эффективность в повышении доступности кобальта из почвы растениям позволяет указать на перспективность его использования в качестве кобальтового микроудобрения в сельском хозяйстве. В промышленной технологии производства этого вида удобрений нельзя допускать заметного избытка комплексона над весовым количеством микроэлемента, так как это ведет к снижению эффективности удобрения, а при значительных избытках, к поражению растений.

С П И С О К

работ, опубликованных по материалам диссертации

1. Работы по экспериментальной биогеоценологии. II., Сборник работ лаб. биофизики института биологии УФАН СССР, вып. 9, № 1, 1957.
2. Действие осколков урана на биомассу и структуру экспериментального фитоценоза. Ботанический журнал, т. 42, № 3, 1957.
3. Повышение урожайности некоторых овощных культур с помощью слабых доз ионизирующих излучений. Бюлл. Урал. отд. МОИП, вып. 1, 1958.
4. Действие предпосевного облучения семян гамма-лучами Co^{60} на развитие и урожай томатов. Бюлл. Урал. отд. МОИП, вып. 1, 1958.
5. Действие Na -ЭДТУ на поведение радиокобальта в системе почва-растение. ДАН СССР, т. 133, № 3, 1960.
6. Накопление Co^{60} в осенне-зимнее время и распределение его в сеянцах березы. Ботанический журнал, т. 45, № 10, 1960.
7. О влиянии этилендиаминтетраацетата на поведение кобальта в почве и растениях. Почвоведение, № 12, 1960.
8. Накопление радиокобальта фитоценозом из разных глубин и горизонтов почвы. Бюлл. Урал. отд. МОИП, вып. 3, 1960.
9. Накопление кобальта растениями в зависимости от содержания гумуса в почве. Почвоведение, № 2, 1961.
10. Опыты по радиостимуляции культурных растений. Сборник работ лаб. биофизики ин-та биологии УФАН СССР, вып. 13, № 3, 1960. (Работа выполнена в соавторстве с Н. А. Порядковой и Н. М. Макаровым).
11. О действии излучателей на фитоценозы и влиянии последних на миграцию и перераспределение радиоизотопов в почве. Сборник работ лаб. биофизики ин-та биологии УФАН СССР, вып. 22, № 4, 1961. (Работа выполнена в соавторстве с Н. А. Порядковой С. В. Агафоновой и Н. В. Тимофеевым-Ресовским).

* * *

Материалы диссертации докладывались на Втором межвузовском совещании по проблеме микроэлементов и природной радиоактивности почв СССР в марте 1960 года в г. Москве и на заседаниях Уральского отделения МОИП в феврале 1959 года и в январе 1960 года.