

АТОМНАЯ ТЕХНИКА В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ — ЕЕ НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ

В. В. РАЧИНСКИЙ

(Кафедра прикладной атомной физики и радиохимии)

Вступление человечества в атомный век накладывает глубокий отпечаток на развитие производительных сил общества. Атомная наука и техника открыли необычайно широкие возможности для интенсификации всех отраслей науки, техники и народного хозяйства. Имеется ряд основных направлений их использования и для интенсификации сельскохозяйственного производства.

Первое крупное направление — применение в сельском хозяйстве радиационной техники и достижений радиобиологии (сельскохозяйственная радиобиология) — науки, занимающейся изучением биологического (физиологического и генетического) действия радиации на живые организмы.

При так называемых малых дозах излучения (1—10 Зв) проявляется стимуляционный эффект действия радиации. Метод радиостимуляции нашел применение для повышения урожайности сельскохозяйственных культур и улучшения качества сельскохозяйственной продукции. Советскими учеными (А. М. Кузин, Н. М. Березина, В. Н. Лысков, Д. А. Каушанский и многие другие) установлено, что рост урожайности большинства сельскохозяйственных культур под действием стимуляционных доз ионизирующего излучения составляет в среднем 10—15%. Выход хозяйственно-ценных веществ в продукции увеличивается в среднем также в этих пределах. Метод предпосевного облучения семян испытан в широких масштабах в РСФСР, Молдавской, Казахской, Киргизской, Латвийской и других республиках. Созданы подвижные гамма-облучательные установки, позволяющие в полевых условиях осуществлять предпосевное облучение семян. Передвижная гамма-облучательная установка окупает себя за один сельскохозяйственный сезон. К сожалению, таких установок выпускается нашей промышленностью еще мало.

Метод радиационной стимуляции особенно перспективен для культур закрытого грунта. Опыты, проведенные, например, в совхозе «Московский», показали хорошую воспроизводимость эффекта существенного (в среднем на 10—15%) повышения урожайности этих культур под действием стимуляционных доз гамма-излучения.

Наблюдаются и другие хозяйственно-полезные эффекты радиации — раннеспелость, увеличение содержания витаминов, сахаристости, содержания белка и т. д.

Не менее эффективно с экономической точки зрения использование ионизирующей радиации для сохранения сельскохозяйственной продукции. При определенных дозах (10^2 — 10^3 Зв) происходит ингибирование

некоторых физиологических процессов, например, прорастания картофеля, корнеплодов и лука при хранении. Облучая их и применяя наряду с этим другие прогрессивные методы хранения, можно довести срок хранения указанных продуктов до двух лет. Крупных успехов в данной области добился ВНИИ картофельного хозяйства.

Более высокие дозы ионизирующей радиации (10^3 — 10^4 Зв) могут быть использованы для радиационной пастеризации и стерилизации сельскохозяйственной продукции. Радиационная пастеризация плодов и ягод увеличивает во много раз сроки их хранения и сохранения товарного вида. Радиационная стерилизация и дезинсекция также увеличивают сроки хранения некоторых продуктов, например, зерновых. По ВНИИ зерна разработан ряд методов использования радиации для увеличения сроков хранения зерна.

Метод радиационной половой стерилизации насекомых — один из новых прогрессивных биологических методов борьбы с вредными насекомыми. В нашей стране разработки в этом направлении ведутся во ВНИИ защиты растений. Например, институтом предложена радиационная технология борьбы с амбарными насекомыми.

Применение радиационного мутагенеза создает широкие возможности для генетиков и селекционеров в подборе хозяйственно-полезных мутантных форм при выведении новых сортов сельскохозяйственных культур и форм животного мира. В настоящее время в мировой практике уже имеются сотни новых высокоурожайных и высококачественных сортов, выведенных с использованием радиации. Крупным успехом в этой области является получение сортов пшеницы, дающих урожай более 100 ц/га («зеленая революция» в Индии).

Крупная и экономически выгодная область использования радиационной техники в сельском хозяйстве — это механизация и автоматизация технологических процессов в земледелии и животноводстве. В улучшении работы сельскохозяйственных машин большую роль должны сыграть радиационные реле, выгодно отличающиеся по своим качествам от многих других средств автоматизации. Особенно полезны они при автоматизации технологических линий в животноводческих промышленных комплексах.

Радиационная техника создает широкие возможности для модернизации контрольно-измерительной аппаратуры в сельском хозяйстве. Разработан широкий ассортимент различной контрольно-измерительной аппаратуры: гамма-плотнометры, нейтронные вла-

гомеры, гамма-массомеры, гамма-уровнемеры и др. Например, использование гамма-плотномеров и нейтронных влагомеров сокращает на несколько порядков время измерения плотности и влажности почв, позволяет автоматизировать измерительные процессы. С помощью гамма-массомеров можно следить за динамикой нарастания биомассы сельскохозяйственных культур в полевых условиях.

Значительным резервом интенсификации сельского хозяйства на базе атомной техники можно считать модернизацию химико-аналитической службы, поскольку объем аналитической работы здесь возрастает с каждым годом. Чтобы удовлетворить запросы производства в этой области, необходимо автоматизировать аналитическую технику.

Следует отметить, что атомная техника в химическом инструментальном анализе применяется уже давно. К методам атомной техники относятся молекулярная и атомная спектроскопия. Однако эти виды анализа с трудом поддаются автоматизации. Другое дело ядерная спектроскопия, или методы ядерного активационного анализа, в частности метод нейтронного активационного анализа. Например, во ВНИИ удобрений и агропочвоведения создана автоматическая поточная линия нейтронного активационного анализа, позволяющая на несколько порядков сократить время проведения элементного анализа на азот, фосфор и калий. Новые возможности открывает использование для анализа лазерной техники, мезоатомной спектроскопии и других разновидностей атомной техники.

Крупным завоеванием науки и техники нашего века является метод изотопных индикаторов, или изотопная техника. Применяя стабильный изотоп ^{15}N , агрохимики получили возможность проследить за трансформацией азота в почвах и растениях, определить коэффициенты использования азота почвы (немеченого) и удобрений (меченого). С использованием радиоактивных индикаторов изучена миграция воды, солей и токсикантов в почвах и растениях; получены новые данные о процессах фотосинтеза и корневого питания растений; изучены процессы микробиологического синтеза белков на основе непившевых углеродных источников (биотехнология белка). В сущности только на основе этого метода можно решать прямым путем задачи рационального использования удобрений и питательных веществ почвы.

Наконец, о перспективах использования атомной энергии в сельском хозяйстве. Видимо, генеральной линией развития атомной энергетики в нашей стране будет комплексное использование атомных электростанций (АЭС).

В мировой науке уже сейчас прорабатываются проекты создания атомных агропромышленных комплексов. Предполагается, что в них атомная энергия будет комплексно использоваться для получения электроэнергии, обессоливания воды, ведения интенсивного орошаемого земледелия, производства удобрений, белков и для других

целей. В зонах Заполярья и Арктики откроются плантации закрытого грунта также на основе АЭС. Примеры такого комплексного использования АЭС у нас в стране уже есть: АЭС в г. Шевченко, снабжающая опресненной водой целый район; Кольская АЭС, сбрасывающая чистую подогретую воду в озеро для ведения интенсивного рыбного хозяйства.

Из краткого обзора видно, что атомная техника практически затрагивает все отрасли сельскохозяйственного производства. Она закономерно вписывается в технологию этого производства. Задача заключается в том, чтобы смело, без боязни нового использовать мирный атом в сельском хозяйстве. Атомная техника — действительно новый, крупный резерв интенсификации этой важной отрасли, реализации Продовольственной программы в нашей стране.

Наиболее полно проблема использования атомной техники в сельском хозяйстве рассмотрена в ряде литературных источников [1, 2, 6, 7, 10, 11, 14, 15].

Заметный вклад в развитие атомной техники в сельском хозяйстве внесла кафедра прикладной атомной физики и радиохимии и радиоизотопная лаборатория Московской сельскохозяйственной академии им. К. А. Тимирязева.

В академии работы по применению атомной техники в химии, биологии и сельском хозяйстве были начаты на кафедре физики в конце 1945 г., на заре развития атомной науки и техники в нашей стране. Инициаторами указанных исследований были выдающиеся ученые Д. Д. Иваненко и Е. Н. Гапон — авторы общепризнанной протонно-нейтронной модели атомного ядра. В этом деле их поддержали основатель отечественной атомной техники И. В. Курчатов и основатель советской биофизики Г. М. Франк.

В 1947 г. под руководством Д. Д. Иваненко и В. М. Клечковского была организована биофизическая лаборатория, сыгравшая значительную роль в развитии сельскохозяйственной радиоэкологии. На базе лаборатории в 1971 г. был создан Всесоюзный научно-исследовательский институт сельскохозяйственной радиологии.

С 1945 г. работы в области применения атомной техники развивались также на ряде других кафедр академии — агрохимии, физиологии и биохимии животных, физиологии растений.

В конце 1957 г. ректорат принял решение создать центральную радиоизотопную лабораторию в качестве учебной и научного атомного центра академии. Непосредственное участие в ее создании и организации ее деятельности принимали Ф. П. Платонов, С. П. Целищев, А. О. Фурман и В. В. Рачинский [3]. Четверть века назад 22 декабря 1957 г. лаборатория приняла первый поток курсов подготовки специалистов по атомной технике в сельском хозяйстве.

В 1960 г. на базе радиоизотопной лаборатории была организована впервые в системе сельскохозяйственных вузов новая кафедра — кафедра прикладной атомной физики и радиохимии [9]. Лаборатория и кафедра — это единый коллектив, работаю-

щий по единому плану и под единым руководством.

Основной вид учебной работы кафедры — проведение 3-месячных курсов подготовки специалистов по атомной технике в сельском хозяйстве [4, 13, 17]. Курсы дают фундаментальную подготовку по физико-техническому, химическому и биологическому основам применения атомной техники в сельском хозяйстве. Примерно 2/3 учебного времени отводится преподаванию основных дисциплин атомной науки и техники применительно к биологии и сельскому хозяйству — физики микромира, атомной физики, ядерной физики, химии изотопов, радиохимии, радиационной химии, общей радиобиологии, радиометрии и дозиметрии. Около 1/3 учебного времени идет на освоение навыков практического использования атомной техники в заданной специализации.

Обучение на курсах проводится по следующим специализациям: 1) сельскохозяйственная радиобиология; 2) применение изотопной техники в растениеводстве и агрохимии; 3) применение изотопной и радиационной техники в почвоведении, сельскохозяйственной мелиорации и водном хозяйстве; 4) применение изотопной техники в охране окружающей среды. Кроме того, здесь ведется подготовка преподавателей кафедр физики сельскохозяйственных вузов по основам атомной техники в сельском хозяйстве, а также подготовка радиохимиков для радиоизотопных лабораторий в сельскохозяйственных вузах и научных учреждениях. Для всех специализаций составлена одна общая программа и комплексный учебный план, которые, однако, несколько изменяются в зависимости от специализации и состава слушателей.

Основная цель 3-месячных курсов — подготовить слушателей к самостоятельной работе в области использования радиационной и изотопной техники в биологии и сельском хозяйстве. За 25 лет существования 3-месячных курсов подготовлено 1574 специалиста. На кафедре прошли подготовку и 265 иностранных специалистов из 41 страны (главным образом из социалистических и развивающихся стран). Многие из них проводят большую работу в своих странах по мирному использованию атомной техники в различных отраслях науки и производства. Таким образом, кафедра играет определенную роль в выполнении обязательств Советского Союза в области научно-технического сотрудничества с зарубежными странами. Интернациональные связи кафедры продолжают расширяться и укрепляться.

Окончившие курсы могут быть приняты кафедрой по особой договоренности на педагогическую или научную стажировку на срок от 3 мес до 2 лет. Стажировка носит целевой характер и проводится по индивидуальному плану. Цель ее — дать более высокую квалификацию по атомной технике в сельском хозяйстве.

Подготовка специалистов по атомной технике высшей квалификации осуществляется через аспирантуру. За 25 лет существования лаборатории и кафедры 88 человек

прошли здесь аспирантскую подготовку и защитили кандидатские диссертации, 10 человек выполнили и защитили докторские диссертации.

С 1958 г. для студентов академии введен курс основ атомной техники в сельском хозяйстве в объеме 50 ч: 10 лекций и 8 лабораторных занятий. Хотя курс носит ознакомительный характер, студенты получают достаточно законченное представление о возможностях использования атомной техники в сельском хозяйстве.

За рассматриваемый период выполнен значительный объем учебно-методической работы. Основные учебные пособия по атомной технике в сельском хозяйстве в нашей стране изданы кафедрой прикладной атомной физики и радиохимии [14, 16, 18]. Вышло 2 издания учебника «Курс основ атомной техники в сельском хозяйстве» и 10 выпусков из серии учебных пособий «Практикум по применению изотопов и излучений в сельском хозяйстве», многие из которых неоднократно переиздавались. Опубликованы методические разработки по атомной технике в сельском хозяйстве (7 частей) и по сельскохозяйственной радиологии (10 частей). Общий объем изданной кафедрой учебно-методической литературы превышает 100 печатных листов.

Кафедра предоставляет рабочие места, обеспечивает научно-методическое руководство и оказывает научно-техническую помощь кафедрам, научным учреждениям академии и другим учреждениям, желающим использовать радиоактивные изотопы в научных исследованиях.

Научно-исследовательская работа кафедры и лаборатории охватывает многие направления. Одно из них — исследования и конструкторские изыскания в области применения радиометрии и дозиметрии ионизирующих излучений в биологических и сельскохозяйственных исследованиях. Хорошо зарекомендовали себя в нашей стране и за рубежом торцовые счетчики Т-25-БФЛ, сконструированные еще в 50-е годы в биофизической лаборатории (С. П. Целищев и А. О. Фурман). На базе этих счетчиков разработаны датчики для измерения активности мягкого бета-излучения, счетчик-щупы, датчики для регистрации радиоактивных загрязнений и др. Выполнен цикл работ по теории и технике сканирующих устройств для исследования топографии распределения активности в пространственных объектах — в хроматографических колонках, бумажных и тонкослойных хроматограммах, по профилю почвогрунтов, в растениях и т. д.

В последнее время кафедра освоила сложную радиометрическую аппаратуру с миникомпьютерной техникой. Разработаны программы для измерения активности различных изотопов, в частности для одновременной регистрации активности нескольких радиоактивных изотопов. Техника радиометрического сканирования с применением микроминикомпьютеров продолжает развиваться. Это позволяет решать сложные задачи изучения пространственно-временного, динами-

ческого распределения меченых веществ в почвах, растениях и других объектах.

Кафедра занимается также теоретическими вопросами химии изотопов. Разработана общая теория метода изотопных индикаторов и тем самым подведен более строгий и точный теоретический фундамент под этот метод. Открываются новые возможности использования полиизотопных элементов для получения меченых элементов, разномеченых форм одного и того же элемента. Химия изотопов — новая развивающаяся наука.

В академии был предложен метод исследования, получивший название радиохроматографического [2]. Он основан на сочетании метода радиоактивных индикаторов и хроматографии и применяется для исследования пространственно-временного распределения меченых веществ в почвах и растениях, в хроматографических колонках и других объектах. Особое значение радиохроматографический анализ имеет при изучении химического пути элементов в процессе метаболизма веществ в живых организмах. С его помощью удалось получить новые данные о первичных продуктах фотосинтеза растений. Например, показано, что бета-меркаптопириновинградная кислота (из группы кетокислот) является одним из первичных продуктов фотосинтеза. Радиохроматографический анализ успешно применяется также в исследовании химического пути углерода у микроорганизмов, в частности выяснены особенности последнего в зависимости от источников углеродного питания.

На кафедре уже длительное время проводятся работы по применению метода радиоактивных индикаторов при изучении минерального питания растений. Показано изменение поглотительной способности различных участков корней в процессе их роста и развития, дифференциации. В этих исследованиях используются сканирующие радиометрические устройства для получения кинетических кривых поглощения меченых ионов различными тканями корневой системы.

Сканирующие радиометры использованы также для определения скоростей перемещения меченых ионов по стеблю растений (эти скорости находятся в пределах 10—100 см/ч).

В серии исследований установлено, что при поглощении меченого ^{32}P фосфора и меченой ^{35}S серы изотопные эффекты (различия в ассимиляции разных изотопов) находятся в пределах ошибок измерений. Растения выделяют в питательную среду лишь несколько процентов фосфора и серы, содержащихся в них. Основная масса этих элементов не вступает в процесс изотопного обмена с внешней средой.

Подробно изучена кинетика, статика и динамика сорбции меченого фосфата дерново-подзолистыми почвами. Кинетические кривые поглощения меченого фосфата имеют сложный вид и могут быть разложены на экспоненциальные кинетические составляющие, характеризующиеся различными константами кинетики сорбции. Емкость погло-

щения фосфатов для дерново-подзолистых почв порядка 10^2 мг Р на 1 г почвы.

На кафедре в течение многих лет разрабатывается теория динамики сорбции веществ как теоретическая основа физико-математического моделирования миграции и распределения веществ в почвах и растениях [5]. Этот же физико-математический аппарат используется для теоретического описания процессов засоления и рассоления почвогрунтов. Метод радиоактивных индикаторов успешно применяется в изучении процессов вымывания солей из почвогрунтов. Показано, что теоретические предсказания подтверждаются экспериментально. Это позволяет рекомендовать ряд расчетных методов для оценки норм промывки почвогрунтов, что имеет большое народнохозяйственное значение, принимая во внимание крупные масштабы засоления почв в нашей стране.

В последние годы кафедра занимается также исследованием миграции и трансформации токсических веществ в почвах, что непосредственно связано с проблемой охраны природной среды в условиях сельскохозяйственного производства. Проведена серия работ по изучению миграции, трансформации и распределения меченых тяжелых металлов (цинк, кадмий, ртуть) в почвах и растениях. Показана сезонная динамика миграции и распределения этих металлов. Выявлены абиогенные и биогенные составляющие процессов миграции, трансформации и распределения токсичных металлов в дерново-подзолистых почвах. В частности, показана существенная роль растительного покрова и корневой системы в переносе и распределении тяжелых металлов по профилю почвы.

При изучении поглощения меченой ^{14}C двуокиси углерода почвой обнаружено явление необратимой ее сорбции (порядка 1—10 мг CO_2 на 100 г почвы). Необратимое связывание CO_2 осуществляется многими низкомолекулярными и высокомолекулярными соединениями и материалами. Природа этого явления до конца еще не выяснена, но его необходимо учитывать в почвоведении, экологии и геохимии.

В ряде опытов изучалось разложение меченой ^{14}C мочевины в почвах. Дана оценка констант скорости разложения, определена зависимость кинетики разложения от основных внешних факторов — влажности, температуры и др. Установлено, что мочевина поступает в корни растений в форме неизмененных молекул. Выяснено влияние основных внешних факторов на поглощение мочевины корнями.

С 1965 г. ведутся работы по проблеме биотехнологии кормового белка. Благодаря применению метода радиоактивных индикаторов удалось получить обширную научную информацию о пути углерода при микробиологическом синтезе белков из различных источников углеродного питания. Выяснены механизмы ассимиляции углерода микроорганизмами. Изучено влияние различных условий на интенсивность микробиологического синтеза белков. Все это позволило существенно обогатить теоретическую базу

биотехнологии белков. Некоторые результаты этой работы имеют общеприкладное значение. Например, установлено, что основная масса углерода низкомолекулярных и высокомолекулярных соединений клеток микроорганизмов находится в составе обменных или малообменных фондов. В обменные фонды входит лишь незначительная часть углерода биомассы.

Кафедра и лаборатория проводят исследования и в области сельскохозяйственной радиобиологии. Выполнен цикл работ по применению метода предпосевного облучения семян для увеличения урожайности сельскохозяйственных культур. Достоверно установлено, что при гамма-облучении семян основных тепличных культур (томаты, огурцы и др.) урожай увеличивается на 10—20%. Поскольку в тепличных хозяйствах можно в значительной мере регулировать условия среды, метод радиационной стимуляции в первую очередь целесообразно применять на культурах закрытого грунта. Здесь он может дать существенный экономический эффект.

Ряд исследований посвящен радиационному ингибированию прорастания сельскохозяйственной продукции при хранении.

Подробное описание результатов научно-исследовательских работ кафедры дано в ряде обзоров [6, 7, 10, 11, 12, 15] и в книгах [14, 16]. Полная библиография исследований кафедры и лаборатории представлена в [18].

В заключение целесообразно сформулировать основные задачи в области применения атомной техники в биологии и сельском хозяйстве.

Сельскохозяйственная радиобиология. В сельскохозяйственной практике рекомендуется использовать все виды биологического действия ионизирующей радиации. Существование радиационной стимуляции достоверно доказано наукой. Однако продолжает оставаться актуальной задача выяснения оптимальных условий для проявления этого эффекта. Метод предпосевного облучения семян необходимо и дальше внедрять в производство. Рекомендуется также внедрять метод облучения картофеля, корнеплодов и лука в целях предотвращения их прорастания при хранении. Одновременно ставится задача отыскания новых методов использования эффекта радиационного ингибирования для управления ростом и развитием растений, а также надежных и безопасных методов радиационной пастеризации и стерилизации сельскохозяйственной продукции в целях увеличения сроков их хранения и уменьшения потерь при хранении. Уже разработанные методы радиационной обработки фруктов и ягод следует внедрять в производство.

Радиодезинсекция — важное направление использования ионизирующих излучений для борьбы с насекомыми — вредителями сельскохозяйственной продукции. Важно более широко освоение практикой метода половой радиостерилизации в борьбе с вредными насекомыми.

Рекомендуется внедрение экспериментального радиомутагенеза в сочетании с други-

ми методами получения исходного мутационного материала в селекции сельскохозяйственных культур и выведении новых форм животных. Стоит задача разработки более действенных методов закрепления новых хозяйственно-полезных признаков у радиомутантов. Аналогичные задачи могут быть поставлены в сельскохозяйственной микробиологии и ветеринарии. Метод экспериментального мутагенеза также очень важен для выведения новых, более производительных штаммов микроорганизмов в микробиологической промышленности, в производстве кормовых белков, физиологически активных веществ и других препаратов для сельского хозяйства.

В настоящее время потребности сельскохозяйственной радиобиологии в облучательной технике не удовлетворяются. Здесь необходимо расширение работ по созданию и производству новых, более совершенных установок универсального и специального назначения. Материальной базой внедрения достижений сельскохозяйственной радиобиологии в производство должна стать новая отрасль промышленности — радиационное машиностроение.

Инструментальная радиационная техника. Ставится задача расширения использования радиационной техники для создания разнообразных контрольно-измерительных приборов сельскохозяйственного назначения. Уже разработанные приборы (гамма-плотномеры, нейтронные влагомеры и др.) необходимо шире внедрять в сельское хозяйство. Естественно, встает задача увеличения их производства. Рекомендуется также широкое использование радиационно-релейных устройств для автоматизации технологических процессов.

Особое значение приобретает освоение в первую очередь агрохимической и ветеринарной службами методов элементного анализа. Здесь может быть поставлена кардинальная задача полной автоматизации элементного анализа сельскохозяйственных объектов на основе различных методов атомной и ядерной активации, атомной и ядерной спектрометрии.

Изотопная техника в биологии и сельском хозяйстве. Рекомендуется дальнейшее применение метода изотопных индикаторов при изучении химизма фотосинтеза, биологической фиксации азота, корневого питания растений. Изотопноиндикаторные исследования целесообразно сочетать с методами физико-математического моделирования.

Необходимо шире использовать метод изотопных индикаторов при изучении частной физиологии и биохимии отдельных сельскохозяйственных культур. Весьма перспективно применение изотопной техники при разработке новых способов сортоиспытания растений и сортовой диагностики.

Агрохимическая служба должна в значительно большей мере использовать изотопную технику для выработки конкретных агрохимических рекомендаций. Более глубокое и прямое изучение корневого питания растений и ассимиляции ими питательных элементов из почв и удобрений (раздельно)

может осуществляться только с помощью метода изотопных индикаторов. Вопросы технологии использования в сельском хозяйстве химических средств защиты растений и животных также должны решаться на основе применения изотопноиндикаторных методов.

Целесообразно использовать изотопную технику в полевых исследованиях процессов, происходящих в почвогрунтах при химических и водных мелиорациях, в частности в исследовании динамики переноса солей, удобрений, гербицидов и других веществ. Перспективно использование изотопных индикаторов в почвенной микробиологии, в изучении химических и метаболических превращений веществ в почвах.

Изотопноиндикаторные методы должны стать основными при испытании химических

средств борьбы с вредителями сельскохозяйственных культур и животных. В принципе все новые химические препараты для сельского хозяйства необходимо апробировать в виде меченых соединений.

Главные направления использования изотопной техники в механизации сельского хозяйства — испытание машин на износ, изучение миграции и распределения веществ в почвах на процессе машинной их обработки в целях изыскания более эффективных технологических процессов.

Намеченная программа использования атомной техники в сельском хозяйстве направлена на мобилизацию новых резервов интенсификации сельского хозяйства в целях решения продовольственной проблемы. Атомной технике в сельском хозяйстве принадлежит большое будущее.

ЛИТЕРАТУРА

1. Каушанский Д. А. Атом и сельское хозяйство. М.: Колос, 1981. — 2. Кузин А. М., Каушанский Д. А. Прикладная радиобиология. М.: Энергоиздат, 1981. — 3. Рачинский В. В., Платонов Ф. П. Радиоизотопная лаборатория. — Изв. ТСХА, 1959, вып. 6, с. 239—250. — 4. Рачинский В. В. Подготовка специалистов по атомной технике в сельском хозяйстве. — Весн. с.-х. науки, 1961, № 6, с. 143. — 5. Рачинский В. В. Введение в общую теорию динамики сорбции и хроматографии. М.: Наука, 1964. — 6. Рачинский В. В. Атомная наука и техника в исследованиях Тимирязевской сельскохозяйственной академии. — Изв. ТСХА, 1966, № 2, с. 152—182. — 7. Рачинский В. В. Опыт применения изотопов в почвоведении, мелиорации и гидротехнике. — Изотопы в СССР, 1968, № 12, с. 12—17. — 8. Рачинский В. В. Курс атомной техники — во все сельскохозяйственные вузы. — Вестн. высшей школы, 1968, № 5, с. 77—79. — 9. Рачинский В. В. Кафедра прикладной атомной физики и радиохимии. — В сб.: Москов. с.-х. акад. им. К. А. Тимирязева. К столетию основания (1865—1965). М.: Колос, 1969, с. 101. — 10. Рачинский В. В. Применение атомной физики и радиохимии в сельском хозяйстве. ТСХА,

1971. — 11. Рачинский В. В. Применение радиоактивных индикаторов и биологических и сельскохозяйственных исследований. — Изотопы в СССР, 1971, № 21, с. 14—20. — 12. Рачинский В. В. Радиохроматографический анализ и его применение. — Журн. аналит. химии, 1972, т. 27, № 5, с. 948—951. — 13. Рачинский В. В. Подготовка специалистов по атомной технике в сельском хозяйстве. Учебный план и программа. ТСХА, 1972. — 14. Рачинский В. В. Курс основ атомной техники в сельском хозяйстве. М.: Атомиздат, 1974. — 15. Рачинский В. В. Изотопная техника в биологических и сельскохозяйственных исследованиях. — Изв. ТСХА, 1977, вып. № 6, с. 180—192. — 16. Рачинский В. В. Курс основ атомной техники в сельском хозяйстве. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Атомиздат, 1978. — 17. Рачинский В. В. Комплексный учебный план и программы подготовки специалистов по атомной технике в сельском хозяйстве. ТСХА, 1981. — 18. Рачинский В. В. Работы кафедры прикладной атомной физики и радиохимии Московской с.-х. академии им. К. А. Тимирязева. Деп. во ВНТИформцентре, Б 917044, Б 917046, Б 917047, 19 февр. 1981 г.

SUMMARY

Survey of main directions of atomic technics in agriculture was given. Principal tasks of its further development were presented. Scientific and educational work of the chair of applied atomic physics and radiochemistry was given in the article.