

ПРИМЕНЕНИЕ РАДИОАКТИВНЫХ ИЗОТОПОВ ПРИ МАРКИРОВКЕ ВРЕДНОЙ ЧЕРЕПАШКИ EURYGASTER INTEGRICEPS PUT.

[S. V. ANDREEV, V. A. MOLTCHANOVA, B. K. MARTENS AND
A. A. RAKITIN. USE OF RADIO-ACTIVE ISOTOPES IN THE MARKING OF
EURYGASTER INTEGRICEPS PUT. (HEMIPTERA, PENTATOMIDAE)]

При составлении прогнозов массового размножения вредителей сельскохозяйственных культур и при установлении карантинных зон имеет большое значение изучение их ареалов, определение численности их популяций и мест резерваций в период зимовки и т. д.

Применение для этих целей старых методов исследования весьма ограничено. Так, например, метод окраски насекомых красящими или люминесцирующими составами является весьма трудоемким и не обеспечивает достоверности результатов наблюдений вследствие трудности обнаружения окрашенных насекомых в природе. Кроме того, этот метод нельзя применять для бабочек, личинок и гусениц. Еще более трудоемким и более ограниченным в применении (этот метод может быть применим только для жесткокрылых) является метод клеймения насекомых нагретыми иглами. В связи с этим возникла необходимость разработки новых более надежных и универсальных методов исследования. Наиболее перспективным в этом отношении является метод маркировки насекомых радиоактивными изотопами. В основу этого метода положено применение химических соединений, в состав которых входят радиоактивные изотопы. Метод заключается в том, что изучаемому насекомому сообщается радиоактивность, сохраняемая насекомым в течение длительного времени. Специальная радиометрическая аппаратура позволяет легко отличить маркированных радиоактивными изотопами насекомых от не маркированных. Таким образом, оказывается возможным вести длительные наблюдения за маркированными насекомыми.

В энтомологических исследованиях этот метод дает большие преимущества по сравнению с ранее применявшимися методами, например с методом окраски насекомых красящими веществами и люминесцирующими составами (Шура-Бура и Гагаев, 1956). Основным преимуществом метода маркировки радиоактивными изотопами является большая экономия времени при проведении исследований, что позволяет применить этот метод в широких масштабах.

Возможность проведения исследований с большим количеством насекомых позволяет при обработке результатов наблюдений применить методы математического анализа (теорию вероятностей вариационной статистики), что обеспечивает большую достоверность данных и выводов. Метод маркировки радиоактивными изотопами также дает возможность вести наблюдения за скрытно живущими насекомыми, например за перемещением насекомых в почве, скрытых под корой дерева и т. д.

Как показывают литературные данные, метод маркировки радиоактивными изотопами нашел широкое применение в медицинской и сельскохозяйственной энтомологии.

Большое количество работ посвящено применению метода при изучении миграций насекомых, являющихся переносчиками инфекционных заболеваний. Например, Шура-Бура (1952, 1955, 1957) применил этот метод при изучении миграций комнатных мух, Ильинская и Трошин (1954, 1955) маркировали мух и комаров радиоактивным изотопом фосфора. Этому же вопросу посвящен ряд работ зарубежных авторов (Bugher a. Taylor, 1949; Jenkins a. Hassett, 1950, 1951; Aragao, 1955), которые наряду с определением миграций комаров применили метод для определения хищных насекомых, питающихся личинками комаров. Линдквист и др. (Lindquist и др., 1951), использовали метод маркировки радиоактивным изотопом фосфора P^{32} для определения плотности популяций мух.

В области сельскохозяйственной энтомологии метод радиоактивных индикаторов нашел применение при изучении биологии общественных насекомых, а также насекомых вредителей сельскохозяйственных культур. Рибанс и др. (Ribbands и др., 1952) применили метод радиоактивных индикаторов при изучении биологии пчел. Этим методом удается определить дальность полета медоносных пчел, сравнительную привлекаемость для них тех или иных медоносных растений, посещаемость пчелами чужих ульев и т. д.

Уотсон и Никсон (Watson a. Nixon, 1953) метили тлей путем подсаживания их на листья турнепса и других растений, содержащих радиоактивный изотоп фосфора. Авторы применили этот метод при изучении питания тлей и передачи последними вирусных заболеваний растениям. Этому же вопросу посвящена работа Бьерлинга и др. (Björlinga o., 1951). Рингс и Ляйн (Rings a. Layne, 1953) применили радиоактивные изотопы для маркировки долгоносиков вредителей плодовых деревьев. Росс и Гофман (Roth a. Hoffman, 1953) разработали метод маркировки вредных насекомых путем погружения их в радиоактивный раствор. Кетлуэлл (1955) определял численность популяций саранчовых по соотношению маркированных и немаркированных насекомых. Маркировку различных насекомых вредителей сельского хозяйства в больших количествах в целях изучения биологии производили также Дэвис и Нагель (Davies a. Nagel, 1956). Черепанов и Волгина (1954) применили радиоактивный изотоп кобальта для маркировки почвенных насекомых. Пользуясь этим методом, авторы исследовали миграции личинок щелкунов под слоем почвы.

Приведенный краткий перечень работ наглядно показывает, насколько большое значение приобретает применение метода маркировки радиоактивными изотопами при изучении биологии насекомых.

Кроме того, как показывают литературные данные и экспериментальная работа, проведенная лабораторией биофизики Всесоюзного института защиты растений, маркировка насекомых радиоактивными изотопами может быть широко применена при разработке биологического метода борьбы.

Путем метки различных вредителей радиоактивными изотопами оказалось возможным установление хищничества и паразитизма и предпочтительность выбора хозяина и жертвы. Наряду с этим маркировка позволяет отличить хищничество и паразитизм от индифферентного сожительства и симбиоза, а также изучить вопросы дополнительного и промежуточного питания паразитов.

В лаборатории биофизики ВИЗР был разработан метод маркировки радиоактивными изотопами насекомых применительно к опасному вредителю зерновых культур — вредному клопу-черепашке *Eurygaster integriceps* Put. (Андреев и др., 1959, 1960).

МАРКИРОВКА РАДИОАКТИВНЫМИ ИЗОТОПАМИ КЛОПА-ЧЕРЕПАШКИ

Метод маркировки радиоактивными изотопами насекомых был применен при изучении миграции клопа-черепашки. Работа по маркировке этого вида проводилась в пос. Воронцово Александровского района Ставропольского края.

При маркировке взрослого клопа-черепашки был применен радиоактивный изотоп кобальта. Этот изотоп, являющийся источником с глубокопроникающей гамма-радиацией, позволяет с помощью радиометрической аппаратуры обнаруживать насекомых, скрывающихся под комьями земли, под листвой, под стерней и т. д. Кроме того, выбор изотопа был обусловлен тем, что наблюдение за клопами необходимо производить в течение длительного периода времени, который охватывает осенний перелет клопов из поля в лес, распределение клопов в лесу перед зимовкой и, наконец, перелет из леса в поле. Радиоактивный изотоп кобальта может быть применен именно в этом случае, так как он обладает большим периодом полураспада (5,3 года).

Метод маркировки клопов заключался в следующем. Собранные в больших количествах насекомые высыпались в сачок, укрепленный на длинном шесте, этот сачок погружался в бак, наполненный водой, содержащей раствор хлористого кобальта. После извлечения из радиоактивного рас-

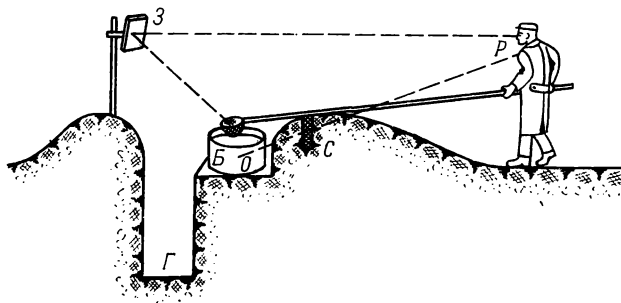


Рис. 1. Схема защиты от излучений при маркировке клопов радиоактивным изотопом кобальта.

Б — бак с радиоактивным раствором, З — зеркало, ОП — расстояние от радиоактивности до работающего, С — свинцовый козырек, Г — яма.

творя насекомых поверхность их тела оказывалась смоченной радиоактивным раствором. Для улучшения смачиваемости насекомых раствором в последний добавлялось несколько капель ОП-7 (смесь моно- и диалкилфениловых эфиров полиэтиленгликоля) для снижения поверхностного натяжения. После обсыхания насекомых сообщенная им радиоактивность удерживалась длительное время.

При маркировке должна быть сообщена им такая радиоактивность, при которой эти насекомые могли бы легко обнаруживаться с помощью радиометрической аппаратуры. С другой стороны, сообщенная насекомым радиоактивность не должна оказывать вредного влияния на их организм. Как показывают литературные данные и эксперименты, проведенные в лаборатории биофизики с клопом-черепашкой, радиоактивность одного насекомого должна быть порядка нескольких десятых долей микрокури.

В данных опытах радиоактивность каждого клопа равнялась примерно 0,37 микрокури. Установлено, что при маркировке клопов на их наружных покровах остается 0,03 миллилитра радиоактивного раствора.

На основании этого определяем концентрацию (С) раствора

$$C = \frac{0,37 \text{ микрокури}}{0,03 \text{ миллилитр}},$$

$$C = 12,3 \frac{\text{микрокури}}{\text{миллилитр}} \text{ и.т.т.}$$

$$C = 12,3 \frac{\text{милликури}}{\text{литр}}.$$

Объем радиоактивного раствора в баке был равен 40 литрам. Следовательно, при данной концентрации раствора его общая радиоактивность достигала 500 милликюри.

В целях обеспечения безопасности работы при маркировке были приняты следующие защитные меры. Бак с радиоактивным раствором устанавливался в яме (рис. 1). После установки бака в яме он заполнялся водой, уровень которой был на 10—15 см ниже верхнего края бака. В наполненный водой бак с помощью манипулятора (рис. 2) опускалась стеклянная ампула, которая раздавливалась под водой.

Для усиления защиты от радиоактивного излучения перед ямой был насыпан земляной бруствер с вкопанным в него свинцовым козырьком *С*



Рис. 2. Зарядка бака радиоактивным изотопом кобальта.

(рис. 1, 2). Высота бруствера выбирается с таким расчетом, чтобы работающий по маркировке мог бы видеть край бака, а его тело максимально было бы защищено от прямого действия гамма-излучения.

Для того чтобы была видна поверхность раствора в баке во время погружения насекомых и их извлечения сачком вблизи бака на шесте устанавливается зеркало (3). Угол наклона зеркала устанавливается с таким расчетом, чтобы работающий с сачком мог видеть всю поверхность воды.

При выполнении указанных условий наибольшее значение дозы, полученной работающим по маркировке за время работы, может быть определено по следующей формуле. В этой формуле сделано допущение, что данная активность раствора по своему действию эквивалентна точечному излучателю. Это допущение не вносит существенной погрешности при определении величины дозы.

$$D = \frac{I\gamma \cdot at}{k(OP)^2}, \quad (1)$$

где D — доза в рентгенах; $I\gamma$ — ионизационная постоянная, равная для гамма-лучей радиоактивного изотопа кобальта (Co^{60}) — 13.5; a — активность источника гамма-излучения в милликюри; t — время в часах; OP — расстояние от источника облучения до работающего; k — коэффициент ослабления защиты в направлении OP .

Доза облучения, вычисленная по формуле (1) без учета действия защиты ($k=1$), за один час работы будет равна 0.1 рентгена. Суточная допустимая доза излучения, как это предусмотрено санитарными нормами, равна $0.025 \frac{\text{рентген}}{\text{сутки}}$.

При расчете защиты исходят из пятикратного коэффициента запаса; таким образом, предельно допустимую дозу следует уменьшить в пять раз, считая ее равной 0.005 рентгена. Продолжительность работы по маркировке не превышает получаса в сутки.

Как известно, поглощения лучей защитной стенкой выражается формулой

$$I = I_0 \cdot e^{-mx}, \quad (2)$$

где I_0 — интенсивность излучения до защиты; I — интенсивность излучения, ослабленного защитой; x — толщина слоя защиты (в см); m — коэффициент поглощения этой защиты; e — основание натуральных логарифмов.

Отсюда коэффициент поглощения защиты равен

$$K = \frac{I_0}{I} = e^{mx}. \quad (3)$$

Коэффициент поглощения K приводится обычно в справочных таблицах для защиты, выполненной из различных материалов при различной толщине. Такое ослабление можно получить за счет слоя свинца.

Согласно справочной таблице Гусева¹ коэффициент ослабления, равный 10, соответствует толщине свинца, равной 4.5 см. При отсутствии свинца указанной толщины последний может быть заменен свинцовой пластиной меньшей толщины с добавлением насыпи земляного бруствера, по своему действию эквивалентного недостающей толщины свинца.

По окончании работы по маркировке насекомых бак с остатками раствора может быть опрокинут в заглубленную часть ямы (Γ) (рис. 1). После чего вся яма засыпается землей.

Извлеченные из радиоактивного раствора насекомые помещаются в бак, на дне которого находится слой соломы. Солома применяется для распределения насекомых на ней и обсушки.

После маркировки клопы выпускались в поле в местах, предназначенных для проведения тех или иных исследований, в нескольких точках, расположенных в шахматном порядке. Маркированные насекомые диффузно распределяются среди общей массы насекомых, находящихся в природе. В дальнейшем, спустя некоторое время, проводились наблюдения за маркированными насекомыми путем сбора проб в различных точках согласно существующим методикам. Отбор проб проводился на различных расстояниях от места выпуска маркированных насекомых в радиальных направлениях и по окружностям. Кроме того, для определения ареалов распространения насекомых использовалась специальная полевая радиометрическая аппаратура. На рис. 3 показан рабочий момент поисков маркированных насекомых в поле.

В дальнейшем в лаборатории была разработана приспособленная для этих целей специальная радиометрическая аппаратура. Эта аппаратура была положена в основу серийного производства радиометрических приборов типа ИМА. Собранные насекомые помещались в бумажные пакеты с этикетками, указывающими место сбора и время, а также расстояние от места выпуска. Собранные пробы насекомых анализировались с помощью лабораторной радиометрической установки Б-2 (рис. 4). С помощью этого анализа можно выделить маркированных насекомых из общего их количества в пробе. Наличие отдельных насекомых в пробе указывает на факт миграции насекомых, а процентное отношение марки-

¹ Н. Г. Гусев. Справочник по радиоактивным изотопам и защите, 1956.

рованных насекомых к общему их количеству в пробе указывает на вероятность перемещения насекомых на данное расстояние.



Рис. 3. Поиски маркированных клопов в поле с помощью радиометрической аппаратуры.

Метод маркировки насекомых может также быть использован для определения численности популяции данного вида. Зная число выпущен-



Рис. 4. Отбор маркированных насекомых на лабораторной радиометрической установке Б-2.

ных маркированных насекомых на данной площади, на основании законов больших чисел по усредненному процентному соотношению их в пробе

можно установить численность популяции данного вида на указанной площади.

Маркировка клопов в личиночной фазе для наблюдения за их вертикальными и горизонтальными миграциями в зависимости от стадии производилась радиоактивным изотопом фосфора.

Выбор изотопа в данном случае обуславливался тем, что наблюдения за миграциями личинок производились за сравнительно короткий период их развития. Изотоп фосфора P^{32} , имеющий период полураспада 14.3 суток, наиболее удобен для проведения подобного рода исследований. Маркировка личинок клопов производилась путем воспитания их на посевах пшеницы в садках. Почва этих посевов поливалась водным радиоактивным раствором фосфорнокислого натрия. Применение метода маркировки путем воспитания на радиоактивной пище имеет то преимущество, что насекомые, питаясь этой пищей, ассимилируют радиоактивный изотоп фосфора, постепенно его накапливая в организме. Примененный для взрослых насекомых метод маркировки путем погружения в радиоактивный раствор и смачивания снаружи поверхности тела насекомых этим раствором является в данном случае неприемлемым, так как личинки за время своего развития несколько раз линяют.

Метод маркировки был апробирован на примере хлебной черепашки как на объекте, наиболее изученном и имеющем массовое распространение. Это позволило нам произвести оценку нового метода по совпадению данных, полученных методом маркировки, с данными других авторов, применявших другие методы исследования. Метод маркировки был использован для изучения сезонных миграций взрослых клопов и для выявления мест их резерваций, а также для изучения суточных миграций личинок различных возрастов.

Проведению наблюдений за сезонными миграциями клопов предшествовал ряд предварительных исследований в целях выяснения: а) не оказывает ли вредного действия на насекомых сообщенная им радиоактивность; б) выживаемости маркированных осенью насекомых во время их зимовки. С этой целью производились наблюдения за маркированными насекомыми, помещенными в садки. Наблюдения показали, что сообщенная насекомым радиоактивность порядка 0.37 микрокури на одного насекомого не оказывала влияния на поведение насекомых по сравнению с контрольными.

Кроме того, были проведены опыты, подтверждающие выживаемость маркированной черепашки во время зимовки. В этих опытах маркированные клопы помещались в ящики с сухой подстилкой из двубовых листьев. Для вентиляции в стенках ящиков были сделаны мелкие отверстия. Ящики с опытными и контрольными насекомыми устанавливались осенью в обычных для этих насекомых условиях зимовки, где они находились до весны следующего года. Анализ ящиков весной с перезимовавшими насекомыми показал, что процент перезимовавших маркированных насекомых не отличался от контроля.

Для выяснения возможности использования этого метода при изучении миграции личинок маркированные личинки, как это было описано выше, высаживались в поле на отдельные растения в посевах пшеницы, а также на участки с неспаханной растительностью. За выпущенными в природу маркированными личинками проводились следующие наблюдения: а) вертикальные миграции личинок в зависимости от времени дня, температуры воздуха и других погодных условий; б) горизонтальные миграции личинок в зависимости от возраста личинок и фазы развития растения (кущение, трубкование, колошение); в) то же на сорной растительности.

При наблюдении за вертикальными миграциями личинок на пшенице, а также на диких злаках, было установлено, что личинки младших возрастов отличаются малой подвижностью и перемещаются на незначи-

ные расстояния. С увеличением возраста значительно повышается подвижность личинок, причем перемещение личинок находится в прямой зависимости от температуры; так, например, в утренние часы, когда температура низкая, личинки находятся в верхних частях растения, которыми питаются. Днем при повышении температуры свыше $29-30^{\circ}$ личинки мигрируют в нижние ярусы растения, а при дальнейшем повышении температуры воздуха они скрываются в прикорневой розетке или под комьями земли. В те дни, когда температура воздуха в течение всего дня не превышала 30° , миграция личинок в нижние ярусы не наблюдалась.

При пониженных температурах воздуха личинки оставались в укрытии.

Горизонтальные миграции так же, как и вертикальные, зависят от возраста личинок и фазы развития растений. Так, например, в период кущения, колошения, когда происходит смыкание вегетирующих растений в рядках, личинки старших возрастов получают большую возможность для их перемещения по горизонтам. Аналогичные явления наблюдаются и на сорной растительности. Опыты с взрослыми насекомыми проводились с целью выявления направления перелета их на зимовку, мест резерваций в лесу и весеннего перелета их из леса на поля. С этой целью было выпущено в поле около 25 тыс. маркированных клопов. Через месяц после выпуска насекомых в поле был произведен сбор и учет вредной черепашки на различных участках леса. В результате этих учетов было установлено (табл. 1), что в лесу, расположенном к западу от места выпуска насекомых на расстоянии от 0.5 до 3 км в глубь леса, было собрано в 240 пробах всего 1541 экземпляр, из них, как показал лабораторный анализ, 225 экземпляров оказались маркированными, что составляет 14.6% от общего количества собранных.

Таблица 1

Количество радиоактивной черепашки в местах сбора

Место взятия проб	Расстояние (в км) от места выпуска	Количество взятых проб	Всего собрано насекомых	Из них		% радиоактивных
				радиоактивных	не радиоактивных	
Лес «Круглый»	0.5—3	240	1541	225	1316	14.6
Лес «Терны»	10—12	240	814	60	754	7.3

Такие же сборы были проведены в другом лесном массиве, расположенном на расстоянии 10—12 км к востоку от места выпуска. В этом лесу также было взято 240 проб, в которых общее количество насекомых составило 814 экземпляров, из них 60 экземпляров оказались маркированными, что составляет 7.3% от общего количества собранных насекомых.

Вместе с тем, было установлено, что миграция насекомых в молодые лесополосы практически отсутствует.

Для выяснения поведения вредной черепашки после перелета ее в лес в августе на одном из участков леса было выпущено 220 тыс. радиоактивных насекомых (табл. 2). Уже через сутки меченые насекомые обнаруживались на расстоянии 1 км от места выпуска. Через 5 суток с помощью радиометрических приборов были произведены поиски меченых насекомых; всего было собрано 18 тыс. экземпляров (8.2% от общего числа выпущенных насекомых), распространившихся по лесу на различные расстояния. Таким образом, оказалось, что в первые дни после перелета в лес насекомые продолжают интенсивно передвигаться, по-видимому, в поисках наиболее благоприятных мест для зимовки; физиологическое состояние клопов по жировому показателю в это время характеризовалось содержанием жира у самок 41.2, у самцов 38.2% к сухому весу. Интересно отметить, что в этом опыте одновременно с радиоактивными насекомыми

Разлет черепашки в лесных массивах

Всего выпущено радиомаркированной черепашки	Время года выпуска черепашки в лесу	Количество радиомаркированной черепашки, собранной в течение 5 дней с помощью полевого прибора на расстоянии от места выпуска				Всего собрано
		10 м	100 м	500 м	1000 м	
220 тыс. экз.	1956 VIII	8 тыс.	2 тыс.	6 тыс.	2 тыс.	18 тыс.
320 тыс. экз.	1956 IX	300 тыс.	10 тыс.	0	0	310 тыс.

было выпущено 100 тыс. крашенных экземпляров насекомых, однако при последующих сборах ни одного из них обнаружить не удалось.

Месяцем позже, в сентябре, при метеорологических условиях, близких к условиям предыдущего опыта, аналогичный опыт был произведен на другом участке леса, причем было выпущено 320 тыс. меченых насекомых. Через 5 дней было собрано 96.9% меченых насекомых (310 тыс. экземпляров), из которых 93.7% находились в месте выпуска и 3.1% на расстояниях, не превышающих 100 м от места выпуска.

Таким образом, в сентябре подвижность насекомых в лесу резко падает. Физиологическое состояние клопов по жировому показателю в сентябре характеризовалось содержанием жира у самок 37.6, у самцов 33.1% к сухому весу. Как видно, подвижность насекомых в лесу связана с их физиологическим состоянием, характеризующимся жировым показателем.

В августе при высоком содержании жира клоп активно разлетался на расстоянии 0.5—1 км в сутки, в сентябре же при меньшем запасе жира клоп передвигался только на незначительные расстояния. Наблюдения за радиомаркированной черепашкой, выпущенной в лесу осенью в количестве 200 тыс. экземпляров, были продолжены в апреле следующего года. Сбор насекомых проводился в апреле на участках полей, расположенных на расстоянии 1, 10 и 15 км от леса (место выпуска меченых насекомых). причем всего было найдено 263 меченых насекомых. Вылетающая из леса вредная черепашка концентрировалась главным образом на полях, расположенных в непосредственной близости (1—2 км) от места зимовки, хотя некоторое количество насекомых, судя по содержанию в них жира, физиологически более активных, распространилось на большее расстояние (до 15 км). Таким образом, с помощью примененного нами метода радиомаркировки вредной черепашки разных возрастов оказалось возможным определить пути преимущественной миграции насекомых и места их резерваций и скоплений, что позволит повысить эффективность истребительных мероприятий, а также давать более точные прогнозы появления и распространения вредителей.

ВЫВОДЫ

Разработанный лабораторией биофизики ВИЗР метод изучения миграции массовых насекомых был проверен на вредной черепашке, биология которой сравнительно хорошо известна.

Кроме того, использование основных преимуществ разработанного метода позволило впервые применить этот метод при изучении сельскохозяйственных объектов и получить ряд новых данных о характере миграции черепашки в личиночной и взрослой фазах развития, например вертикальные и горизонтальные миграции личинок различных возрастов в зависимости от климатических условий, сезонные миграции взрослых клопов и определение мест резерваций черепашки в лесу и в период ухода их на зимовку в условиях Воронцово-Александровского района Ставропольского края. Наряду с этим проведенная проверка этого метода на

данном объекте доказывает возможность его использования при изучении и уточнении биологии ряда массовых вредителей, таких как свекловичный долгоносик, зерновая совка, саранчовые и др.

Основным преимуществом этого метода, как показали его испытания, является возможность проведения наблюдений над значительными количествами насекомых. Это дает возможность, применяя закон больших чисел, получать более точные данные и достоверные результаты.

ЛИТЕРАТУРА

- Андреев С. В., А. В. Воеводин, В. А. Молчанова и А. В. Хотянович. 1959. Некоторые результаты применения радиоактивных изотопов для защиты растений. Тр. II Женевской конференции. Изд. АН СССР : 322—334.
- Андреев С. В., В. А. Молчанова, К. Б. Мартенс. 1960. Применение радиоактивных изотопов для маркировки насекомых. Защ. растений от вред. и болезн., 2 : 45—47.
- Арагао, Фрота-Пессоа и Маргем (Агагао М. В., Е. Frota-Pessoa and N. Margem). 1955. Новый метод радиоактивной метки комаров и его применение. Мирное использование атомной энергии. Матер. междунар. конфер. в Женеве, 10 : 629—633.
- Жадин В. И., Н. Б. Ильинская, А. Н. Световидов, А. С. Трошин. 1955. Задачи и методы маркировки насекомых и рыб радиоактивными изотопами. Тр. научн. сесс., посвященной достижениям и задачам советской биофизики в сельском хозяйстве. Изд. АН СССР : 276—284.
- Ильинская Н. Б., А. С. Трошин. 1954. Маркировка мух и комаров при помощи радиоактивного фосфора. Зоолог. журн., 33, 4 : 841—847.
- Кеттлвелл (Kettlewell Н. В. D.). 1955. Мечение саранчовых радиоактивными изотопами. Мирное использование атомной энергии. Матер. междунар. конфер. в Женеве, 12 : 255—256.
- Черепанов А. И. и К. Н. Волгина. 1954. Определение перемещения проводочников в почве методом меченых атомов. Докл. АН СССР, ХСVIII, 2 : 301—303.
- Шура-Бура Б. Л. 1952. К вопросу об изучении миграции комнатных мух при помощи радиоактивных индикаторов. Чтение памяти Н. А. Холодковского. Изд. АН СССР : 12—21.
- Шура-Бура Б. Л. 1955. Опыт изучения миграции мух со свалки методом меченых атомов. Гигиена и санитария, 9 : 12—16.
- Шура-Бура Б. Л. 1957. Применение меченых атомов в энтомологии. Успехи соврем. биол., XLIV, 1 : 103—120.
- Шура-Бура Б. Л. и В. Л. Гагаев. 1956. О применении люминесцентного анализа при изучении миграции насекомых. Энт. обозр., XXXV, 4 : 760—763.
- Björling K., D. Lihnell and F. Ossiannilson. 1951. Marking viruliferous aphids with radioactive phosphorus. Acta agric. Scandinavica, 1, 3 : 301—317.
- Bugher J. C. and M. Taylor. 1949. Radiophosphorus and radiostrontium in mosquitoes. Sci., 110, 2849 : 146—147.
- Davis J. M. and R. H. Nagel. 1956. A technique for tagging large numbers of live adult insects with radioisotopes. Journ. Econ. entom., 49, 2 : 210—211.
- Jenkins D. W., C. C. Hasset. 1950. Radioactive isotopes in entomology. Journ. Econ. Entom., 43 : 403.
- Jenkins D. W., C. C. Hasset. 1951. Radioisotopes in entomology. Nucleonics, 6, 3 : 5—14.
- Lindquist A. W., W. Jates, R. A. Hoffman, J. S. Butts. 1951. Studies of the flight habits of three species of flies tagged with radioactive phosphorus. Journ. Econ. Entom., 44 (3) : 397—400.
- Ribbands C. R., H. E. Kalmus and H. L. Nixon. 1952. New evidence of communication in the honey bee colony. Nature, 170, 13 : 438—440.
- Rings R. W., G. W. Layne. 1953. Radioisotopes as tracers in plum Curculio behavior studies. Journ. Econ. Entom., 46 (3) : 473—477.
- Roth A. R. and R. A. Hoffman. 1953. A new method of tagging insects with P³². Journ. Econ. Entom., 45 (6) : 1091.
- Watson M. A. and H. L. Nixon. 1953. Studies on feeding of Myzus persicae (Sulz) on radioactive plants. Annals appl. biolog., 40 (3) : 537—545.