

УДК 591.9.631.42:595.713

**МЕТОДОЛОГИЯ БИОИНДИКАЦИИ РАДИОАКТИВНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ
С ПРИМЕНЕНИЕМ ПОЧВЕННОЙ ФАУНЫ****Симонович Е.И.***Научно-исследовательский институт биологии Южного федерального университета,
Ростов-на-Дону, e-mail: elena_ro@inbox.ru*

Проведен анализ методологии биоиндикации радиоактивных загрязнений с применением почвенной фауны. Рассмотрена роль почвенной фауны, как биоиндикатора радиоактивного загрязнения территории. Огромное участие почвенные животные принимают в зоогенной миграции искусственных радионуклидов. Это происходит в основном из-за высокой биомассы животных и их роющей деятельности. Необходимость разработки биологических мер борьбы с возможными радиоактивными загрязнениями суши заставляет с особым вниманием отнестись к проблеме регулирования и направленной перестройки животного населения почв. Исследования показали, что комплексы почвенной фауны и отдельные группы почвенных животных могут с успехом использоваться для биологической индикации промышленных и радиоактивных загрязнений. Таким образом, для использования почвенных беспозвоночных в системе экологического мониторинга имеются все предпосылки.

Ключевые слова: почвенная фауна, радиоактивное загрязнение, биологическая индикация**METHODOLOGY OF BIOINDICATION RADIOACTIVE POLLUTION
WITH APPLICATION OF SOIL FAUNA****Simonovich E.I.***Scientific Research Institute of Biology of Southern Federal University,
Rostov-on-Don, e-mail: elena_ro@inbox.ru*

We have done the analysis of the methodology of bioindication radioactive pollution with application of soil fauna. The part of soil fauna like bioindicator of radioactive pollution was consider. Great participation in zoogene migration of artificial radionuclotids accept the soil animals. That take place from high biomass of animals and them diging activity. Necessary of working of biology ways fighting with possible radioactive pollutions of land make treat with attention for problem of regulation and direct rebuilding of animal soil inhabitants. The investigations demonstrate that soil fauna complex and single groups of soil animals may be use for biology indication of industrialist and radioactive pollution. So, there is all conditions for using of soil animals in system of ecology monitoring.

Keywords: soil fauna, radioactive pollution, biology indication

Почва – «экологический щит» атмосферы. Именно почвенные организмы как никто другой обеззараживают вредные органические соединения и болезнетворную для человека микрофлору [1]. Огромную опасность для биосферы представляет загрязнение ее радиоактивными веществами. Вызвано оно тем, что в атмосфере накапливаются и рассеиваются продукты радиоактивного распада, затем они проникают в почву и в итоге накапливаются в сельскохозяйственной продукции [7].

Почвенные животные – очень хороший объект для радиоэкологических исследований. Многие из них очень чувствительны к радиации, в пищевых цепях они, как правило, являются конечными звеньями и концентрируют радионуклиды. Почвенные животные регулируют численность вредителей леса. Это очень важно в лесных районах, которые подверглись действию радиации. Очень тесная связь прослеживается между степенью радиоактивного загрязнения почв и экологией сельскохозяйственных вредителей в этих почвах [10].

Почвенные животные – прекрасный биоиндикатор радиоактивного загрязнения территорий, так как их численность достигает многих сотен тысяч особей на 1 м². Характер питания фитофагов, сапрофагов и хищников достаточно постоянен, и это позволяет установить пути и количественные закономерности миграции радионуклидов в биогеоценозе.

И, наконец, почвенная фауна – наименее миграционная часть зооценоза, и она очень тесно контактирует с радиоактивными загрязнениями и радионуклидами, т.к. на суше все загрязнения, как радиоактивные, так и химические рано или поздно попадают в почву [7].

В последнее время большое внимание исследователей привлекает проблема эффектов малых доз радиации на биологические объекты в связи с увеличивающимся радиоактивным загрязнением окружающей среды. Экспериментальные работы, посвященные исследованию эффектов в области малых доз радиации, с которыми сталкиваются люди в обыденной жизни, заполнены

данными, полученными путем экстраполяции из области больших доз [15].

Необходимость разработки биологических мер борьбы с возможными радиоактивными загрязнениями суши заставляет с особым вниманием отнестись к проблеме регулирования и направленной перестройки животного населения почв, изысканию путей интенсификации биологического круговорота веществ с помощью животных для связывания подвижных соединений радионуклидов и локализации очагов загрязнения в условиях естественных природных экосистем [2; 3].

Расселение и массовое размножение таких почвенных животных, как кивсяки, могло бы в той или иной степени ликвидировать очаг загрязнения. Кивсяки накапливают соли кальция и стронция, потребляют растительный опад, который является одним из самых загрязненных радионуклидами горизонтов почвы. Они в то же время не являются пищей для птиц и млекопитающих, поэтому могут служить депо таких радионуклидов, как стронций-90. Как правило, радиоактивный стронций накапливают животные, которые откладывают кальций в покровах, чтобы увеличить их прочность. К этим животным относятся почвенные моллюски, кивсяки, мокрицы. Они могут использоваться в качестве биоиндикаторов загрязнения среды стронцием-90. Например, на Украине кивсяки и виноградные улитки накапливали стронций-90 в 100 раз больше, чем его содержалось в дубовой коре – пище этих животных [9; 10].

Стронций-90 прочно связывается с почвами, а потому не весь включается в круговорот. Можно предположить, что зоогенная миграция этого изотопа сравнима с выносом ветром дождевыми водами или разномыслом ветром из биогеоценоза. Наибольшее значение здесь имеют почвенные миграции [10].

Рассмотрим теперь другой загрязнитель – цезий-137. Это очень долгоживущий радионуклид (период полураспада 29 лет). Цезий-137 – один из основных агентов радиоактивного загрязнения биосферы. Миграция этого элемента к человеку происходит через пищевые продукты животного происхождения. Химически цезий близок к калию, с которым он и мигрирует по пищевой цепи. Подвижность цезия-137 в круговороте уменьшают микроорганизмы, которые связывают до 60% изотопа, давая ему выщелачиваться из лесной подстилки. Важную роль в биогенной миграции це-

зия-137 играют почвенные грибы, в которых содержится до 45% калия.

Почвенные животные, разрушающие мертвую органику, способствуют освобождению этих элементов и вовлечению их в биогенный круговорот. Почвенные животные переворачивают значительную часть биомассы переводя зольные элементы в подвижное, доступное высшим растениям состояние [8; 11].

В России были исследованы почвы лугов с повышенным содержанием радия. Различия были обнаружены для всех почвенных животных, которые долго развиваются и малоподвижны, т.е. постоянно обитают на участках с повышенным фоном радиации. Численность этих животных на таких участках была намного ниже, чем в контроле (объектами были дождевые черви, личинки двукрылых и жуков-щелкунов) [1; 3].

Наибольшее угнетение испытывали дождевые черви. На участках с повышенным фоном радиации была не только ниже их численность, но и наблюдалась задержка в развитии этих животных. То есть наибольшему воздействию радиации подвергаются оседлые животные, которые долго обитают на участках с повышенным радиоактивным фоном. У них наблюдается задержка развития и нарушения в функции эпителия поверхности тела и кишечника [6].

Действие радиации на почвенных животных можно хорошо проследить не только на участках, где ее уровень высок, но и там, где он низок, из-за больших дозовых нагрузок на почвенных животных по сравнению с наземными. Особенно удобны для изучения дождевые черви, т.к. они облучаются извне и от почвы, которую заглатывают [12].

В России проведены многочисленные эксперименты с загрязнением почв искусственными радионуклидами и последующим изучением экологии почвенных животных. Огромный материал собран и по экологии микроорганизмов, развитию корневых систем растений в условиях повышенного фона радиации. Сформировалось новое направление – радиобиология почвы. Ученые, приступая к изучению воздействия ионизирующих излучений на почвенных животных, не могли предвидеть всех сложностей, с которыми им придется столкнуться. Проблема заключалась в том, что наземные беспозвоночные – организмы весьма радиостойчивые во взрослом состоянии. Так, радиочувствительность мокриц, паукообразных, дождевых червей составляет

50–200 килорад, что значительно выше, чем у растений [4; 5].

В лесу, на участках, загрязненных стронцием-90, численность почвенных животных сократилась в 2 раза. Численность потребителей растительного опада, к которым относятся дождевые черви и многоножки, сократилась в 10–100 раз. Обитают эти представители почвенной фауны преимущественно в лесной подстилке и в верхнем слое почвы, где и сконцентрирована основная часть радионуклидов. Сокращение видового состава наблюдалось и в микрофауне – популяции панцирных клещей [11].

Почвенные животные чутко реагируют на повышенный уровень радиации при дозах 0,5–3 рад в сутки. При этом уменьшается видовое разнообразие животных, ведущий неподвижный образ жизни. Падает уровень глубины заселения почвы и численность животных. У почвенных животных уязвимыми для радиации являются ранние стадии жизненного цикла [1; 3].

Взрослые стадии почвенных животных устойчивы к действию радиации. Но животных здесь «подводит» уязвимость для радиации ранних стадий. За длительный период развития они успевают облучиться значительными дозами радиации. Уязвимость усиливается и из-за того, что почва аккумулирует многие радионуклиды, попавшие в биосферу. Почвенные животные, например дождевые черви, заглатывая почву при питании, получают дозу облучения от пищевого комка, что становится особенно важным при загрязнении почв радионуклидами – альфа-излучателями [10].

Огромное участие почвенные животные принимают в зоогенной миграции искусственных радионуклидов. Это происходит в основном из-за высокой биомассы животных и их роющей деятельности.

Обеднение почвенной фауны в глубоких горизонтах почвы отмечено при всех формах действия ионизирующих излучений на биогеоценоз. Объясняется это тем, что в глубине почвы больше, чем на поверхности преимагинальных, а, следовательно, более радиочувствительных стадий животных. Поверхностные слои после облучения легче заселяются извне; глубокопочвенные виды менее плодовиты, чем поверхностные, и медленнее восстанавливают численность популяций [2].

Примером действия радиации на почвенных животных может послужить авария на Чернобыльской АЭС. Авария случилась 26 апреля 1986 года, а обследование

почв зоны, подвергшейся радиоактивному излучению, было начато в середине июня 1986 г. Учеты летом 1986 года показали, что почвенные животные – обитатели лесной подстилки – сильно пострадали в результате радиоактивного загрязнения среды в районе ЧАЭС на удалении 3–7 км от станции. В этом районе произошла экологическая катастрофа: вся экологическая система оказалась разрушенной. Радиоактивное загрязнение нарушило процесс нормального воспроизводства популяций самых разных почвенных обитателей. Среди микрофауны наиболее радиочувствительные стадии – первые возрасты личинок и нимф – в сосновых лесах полностью отсутствовали. Но интересен тот факт, что высокие уровни радиации не явились препятствием для постепенного восстановления почвенной фауны (как за счет заселения из не пострадавших от радиации участков, так и за счет размножения сохранившихся почвенных животных, которые в глубоких горизонтах почвы под корнями деревьев, под камнями, должны были получить на 1–2 порядка меньшую дозу радиации, чем обитатели подстилки). Через год после аварии, весной 1987 г., почвенная фауна интенсивно восстанавливалась даже в наиболее пострадавших участках. Численность дождевых червей в полевых почвах составляла 15% от контрольной, но наличие их коконов свидетельствовало о размножении этих животных даже в наиболее загрязненных почвах. Таким образом, через 2,5 года после аварии почвенное население почти полностью восстановилось [13].

Радиоактивные продукты ядерных взрывов, поступившие на земную поверхность и включившиеся в биогеохимические цепочки миграции, становятся источниками внешнего облучения живых организмов. Почвенные животные обладают достаточно прочными внешними покровами, которые экранируют организм от внешнего бета-облучения. Кроме того, многие почвенные животные даже в эксперименте выявили, что их покровы экранируют примерно 70% энергии излучения (жуки-кравчики). Поэтому в условиях внешнего облучения жуки хорошо защищены от бета-излучения; плотность их покровов составляет 90–100 мг/см². Таким образом, при расчетах поглощенных доз в организме следует учитывать экранирующие эффекты внешних покровов [14].

При осуществлении всестороннего контроля за состоянием окружающей человека

среды большое значение имеет использование широкого спектра биологических индикаторов. К их числу относятся и богатый в качественном и количественном отношении мир почвенных животных. Исследования показали, что комплексы почвенной фауны и отдельные группы почвенных животных могут с успехом использоваться для биологической индикации промышленных и радиоактивных загрязнений [7].

Таким образом, для использования почвенных беспозвоночных в системе экологического мониторинга имеются все предпосылки.

Список литературы

1. Бей-Биенко Г.Я. Современная энтомология и прогресс // Защита растений. – 1958. – № 12. – С. 4–8.
2. Гиляров М.С. Почвенные животные компоненты биоценоза // Ж. общ. биология. – М., 1965 а. – Т.26, № 3. – С. 276–289.
3. Гиляров М.С. Зоологический метод диагностики почв. – М., 1965б. – 278 с.
4. Гиляров М.С. Индикационное значение почвенных животных при работах по почвоведению, геоботанике и охране среды // Проблемы и методы биологической диагностики и индикации почв. – М., 1976. – С. 9–18.
5. Гиляров М.С. Почвенные беспозвоночные как индикаторы почвенного режима и его изменений под влиянием антропогенных факторов // Биоиндикация состояния окружающей среды Москвы и Подмосковья. – М., 1982. – С. 8–12.
6. Гиляров М.С., Криволицкий Д.А. Радиоэкологические исследования и почвенная зоология // Зоол. Журнал. – 1971. – Т.50. – Вып. 3. – С. 329–342.
7. Казадаев А.А., Кременица А.М., Симонович Е.И., Булышева Н.И., Везденева Л.С. Почвенная фауна и плодородие почв. – Ростов-на-Дону: НМЦ «Логос», 2008. – 130 с.
8. Криволицкий Д.А. Животный мир – биоиндикатор радиоактивных загрязнений // Биология атомного века (Новое в жизни. Науке, технике. Сер. Биология: Вып. 7). – М., 1983. – С. 37–47.
9. Криволицкий Д.А. Панцирные клещи как индикаторы почвенных условий // Итого науки и техники. Зоол. Бесп. – М., 1978. – Т. 5. – С. 70–134.
10. Криволицкий Д.А. Почвенная фауна как биоиндикатор радиоактивных загрязнений // Почвенная фауна и почвенное плодородие. – М., 1987. – С. 241–244.
11. Криволицкий Д.А., Казадаев А.А., Пономаренко А.В. Влияние хозяйственной деятельности человека на комплексы панцирных клещей // Вестник зоологии. – 1977. – № 6. – С. 7–11.
12. Криволицкий Д.А., Тихомиров Ф.А., Федоров Е.А. Биоиндикация и экологическое нормирование // Влияние промышленных предприятий на окружающую среду. – М., 1987. – С. 18–27.
13. Криволицкий Д.А., Тихомиров Ф.А., Федоров Е.А., Покаржевский А.Д., 14. Таскаев А.И. Действие ионизирующей радиации на биогеоценоз. – М., 1988. – 240 с.
15. Шиманская Е.И., Симонович Е.И. К вопросу о влиянии источников ионизированного излучения на содержание тиреотропных гормонов у жителей Ростовской области // Успехи современного естествознания. 2013. – № 3. – С. 130–131.