

Установленный нами факт образования стеароиламида при облучении дисперсий сфингомиелина указывает на возможность фрагментации сфинголипидов при облучении их водных дисперсий.

Полученные данные по радиолитическим превращениям липидов позволяют заключить, что некоторые из них, такие как кардиолипин, ганглиозиды, гликолипиды, содержащие гидроксильные группы в β -положении к эфирной или амидной связи, могут подвергаться не только окислению, но и фрагментации по их полярной составляющей.

Совокупность приведенных данных указывает на то, что реакции фрагментации органических радикалов, протекающие с разрывом двух β -связей, играют важную роль при радиационном повреждении биосистем, а также при активации в них свободнорадикальных реакций за счет других факторов. Поэтому весьма актуальным является поиск соединений, которые могли бы регулировать вероятность протекания таких процессов, поскольку среди них могут оказаться вещества, представляющие интерес для медицинской практики при лечении заболеваний радиационной и свободнорадикальной этиологии.

УДК 539.163:643.42

Е.П. ПЕТРЯЕВ, Г.А. СОКОЛИК

РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЛАБОРАТОРИИ РАДИОХИМИИ



Петряев Евгений Петрович, доктор химических наук, профессор. Область научных интересов — радиохимия, радиационная химия и геохимия. Автор свыше 200 печатных работ.

Соколик Галина Андреевна, кандидат химических наук, зав. НИЛ радиохимии. Область научных интересов — радиохимия, радиоэкология. Автор свыше 100 печатных работ.

The characteristic of investigation, conducted in the Radiochemical Laboratory during 1986-1996 in the framework of Government scientific programmes and international projects on consequences of Chernobyl accident is represented.

The main direction of studies have focused on: the dynamics and rate parameters of vertical migration of ^{137}Cs , ^{90}Sr , $^{239,240}\text{Pu}$ and ^{241}Am in the different soil types; the radionuclides occurrence forms in mineral and organic soils (mobile and fixed); the content and the physico-chemical properties of "hot" particles in radioactive fallout (their composition, dispersity, geochemical stability). The investigation have big practical importance in the fields of conducted countermeasures and rehabilitation of damaged areas.

Лаборатория радиохимии была создана по постановлению правительства сразу же после аварии на ЧАЭС. Сложная ситуация в Беларуси, связанная со значительной масштабностью территориального загрязнения радионуклидами чернобыльского выброса, требовала срочной оценки радиационной обстановки с целью своевременного проведения неотложных (чрезвычайных) мероприятий по снижению уровня радиационного воздействия на людей и окружающую среду. Учитывая глобальность и долговременный характер радиоактивного загрязнения, была также принята Программа комплексных научных исследований по проблемам ликвидации последствий аварии. Она предусматривала детальное исследование поведения радиоактивных выпадений в биосфере с целью долгосрочного прогнозирования изменения радиационной обстановки, выработки стратегии проведения разного рода защитных мер и создания научно обоснованной концепции возрождения загрязненной территории. Следует отметить, что имеющиеся достижения мировой науки и практики в этой области были недостаточны для решения сложных проблем по преодолению последствий чернобыльской катастрофы. Поэтому к решению возникших задач были привлечены практически все имеющиеся в республике специалисты соответствующего профиля, в том числе и ученые Белгосуниверситета. Таким образом, со-

трудники лаборатории одновременно работали над многими задачами: выполняли оперативные правительственные задания и проводили систематические плановые исследования в рамках государственных научных программ.

На первом этапе в лаборатории выполнялась большая работа совместно с Госагропромом и Главгидрометом по оценке уровней радиоактивного загрязнения почв населенных пунктов и сельскохозяйственных угодий. Полученные результаты использовались для создания карт загрязнения территории Беларуси, разработки оперативных прогнозов и рекомендаций по организации хозяйственной деятельности и при решении вопросов отселения.

За период с 1986 по 1996 г. лабораторией радиохимии совместно с рядом академических институтов Беларуси и Украины получен обширный научный материал о перераспределении основных α -, β -, γ -излучающих радионуклидов (^{137}Cs , ^{90}Sr , $^{239,240}\text{Pu}$ и ^{241}Am) в различных компонентах природных и аграрных экосистем.

Но особое внимание в научных исследованиях лаборатории уделяется изучению миграции радионуклидов в почвенном покрове как основном и исходном звене круговорота радиоактивных веществ в биосфере. Скорость и направленность различных биологических и геохимических процессов миграции радионуклидов (в частности, накопления в растительных и животных организмах, поступления в грунтовые и подземные воды, по многочисленным пищевым цепочкам) в первую очередь определяются формами их нахождения в почве и ландшафтными особенностями загрязненной местности. С этой целью выбрана сеть режимных стационаров с разными ландшафтными условиями и основными типами почв (в целом, характерных для наиболее пострадавших районов Гомельской и Могилевской областей), где, начиная с 1987 г., ежегодно проводятся экспедиционные работы по отбору почвенных и растительных образцов для исследований миграционной способности радионуклидов. Данные исследования ведутся по нескольким направлениям.

Первое направление – изучение перераспределения радионуклидов в профиле почв разного типа и прогнозирование данного процесса – целесообразно с точки зрения оценки эффективности самоочистки почв от радионуклидов (естественной дезактивации), что позволяет оценить степень вмешательства в природные процессы, необходимость проведения различных контрмер, направленных на ликвидацию последствий аварии и реабилитацию пострадавших регионов. Для объяснения наблюдаемой миграционной способности радионуклидов в почвенно-растительном покрове проводятся детальные исследования природы радиоактивных выпадений. Второе направление – эволюция физико-химического состояния радионуклидов во времени – позволяет охарактеризовать их связь с различными минеральными и органическими составляющими почвенной среды. Целью третьего направления – физико-химические характеристики “горячих” частиц выпадений – является оценка степени разрушения частиц топливного и конденсационного происхождения в реальных природных условиях, а также характера наблюдаемого перераспределения “горячих” частиц и выделившихся из них радионуклидов по различным миграционным цепочкам.

В рамках первого направления проведены: исследования динамики вертикальной миграции ^{137}Cs , ^{90}Sr , $^{239,240}\text{Pu}$ и ^{241}Am в типичных ландшафтных ситуациях; оценка степени радиоактивного загрязнения растительного покрова стационаров и коэффициентов накопления радионуклидов луговой и лесной растительностью за счет корневого и аэриального поглощения; расчет скоростных параметров миграции радионуклидов (коэффициентов диффузии, линейной скорости массопереноса, эффективного периода полувыведения за пределы корнеобитаемого горизонта); оценка уменьшения дозы внешнего облучения за счет вертикального заглубления ^{137}Cs (основного дозообразующего радионуклида) в типичных почвенных разновидностях; разработка тематических радиоэкологических карт, отражающих дифференцированный характер миграции радионуклидов в почвах разного генезиса; прогноз распределения радионуклидов в типичных почвах на 10–50 лет с момента аварии.

Данные исследования показали, что наибольшей миграционной способностью характеризуется ^{90}Sr , особенно в почвах с повышенным влагосодержанием и в рыхлопесчаных почвах. Скоростные параметры ^{137}Cs в различных ландшафтных ситуациях значительно ниже (в 1,5–5 раз). Миграционная спо-

способность ^{241}Am выше по сравнению с $^{239,240}\text{Pu}$. В целом, предварительные оценки позволяют сделать заключение о слабой степени самоочистки почв. Так, период полувыведения ^{137}Cs из пахотного (корнеобитаемого) слоя почв превышает во многих случаях 20 лет. Это диктует необходимость коренного улучшения природных и сельскохозяйственных угодий, разработки новых нетрадиционных методов хозяйствования. Также установлено, что снижение доз внешнего облучения будет происходить медленно вследствие низкой скорости заглубления ^{137}Cs . Несмотря на то, что загрязнение природных, в частности грунтовых вод, не является угрожающим в ближайшие десятилетия, их состояние требует контроля, в особенности на дерновых луговых и торфяно-заболоченных почвах, скорость миграции радионуклидов в которых >2 см в год.

По второму направлению получены следующие результаты: определен характер изменения плотности и состава радиоактивных выпадений в контрольных стационарах; установлены соотношения мобильных и прочно связанных форм нахождения ^{137}Cs , ^{90}Sr , $^{239,240}\text{Pu}$ и ^{241}Am в типичных луговых и лесных почвах; определены коэффициенты распределения радионуклидов в системе твердая фаза почвы – почвенный раствор для адекватной оценки биологической доступности радионуклидов; проведено комплексное исследование морфологической структуры почвенных разрезов, основных физических и агрохимических показателей анализируемых почвенных разновидностей с целью установления корреляционной зависимости между миграционной способностью и свойствами почвенной среды.

Исследования показали, что со временем происходит трансформация физико-химического состояния ^{137}Cs , однако при этом существенных изменений соотношения его различных форм не наблюдается: основная часть ^{137}Cs ($>50\%$) находится в фиксированном состоянии, запас водорастворимых форм составляет $<0,1-1,4\%$, обменных – $0,1-20\%$. Для ^{90}Sr характерно увеличение во времени (особенно в ближней зоне ЧАЭС) содержания в обменной биологически доступной форме: в настоящий период оно составляет $50-90\%$, причем доля водозэкстрагируемого ^{90}Sr достигает $2-14\%$, что значительно выше соответствующих форм ^{137}Cs . Установлена линейная зависимость между выносом растительностью из почвы ^{137}Cs и ^{90}Sr и содержанием радионуклидов в обменной форме. Для $^{239,240}\text{Pu}$ черномыльского выброса характерно практически такое же состояние, как и для глобального. Его большая часть фиксирована: прочно закреплена в составе малоподвижных гумусовых веществ и аморфных гидроксидов почвы. ^{241}Am находится в почве в потенциально мобильном (кислоторастворимом) состоянии в большем количестве, чем $^{239,240}\text{Pu}$, и в будущем возможна реализация его высокой миграционной способности, что, учитывая к тому же быстрое накопление ^{241}Am во времени, приведет к росту неблагоприятного воздействия α -излучения на организм человека.

В рамках третьего направления определены: изменение количественного распределения "горячих" частиц на территории контрольных стационаров; характер вертикальной миграции "горячих" частиц по глубине почвенных разрезов в различных ландшафтных ситуациях; радионуклидный и элементный состав "горячих" частиц на разном удалении от ЧАЭС; изменение дисперсного состава "горячих" частиц, их распределение по различным гранулометрическим фракциям почв; вероятность выхода ^{137}Cs , ^{90}Sr , $^{239,240}\text{Pu}$ и ^{241}Am из "горячих" частиц и геохимическая устойчивость последних; возможность ингаляционного и перорального поступления "горячих" частиц и их радиозэкологическое воздействие на здоровье человека и животных.

Исследования элементного состава "горячих" частиц показало значительное их обогащение легколетучими радиоактивными компонентами по сравнению с тугоплавкими. Следовательно, формирование "горячих" частиц происходило в парогазовой фазе, при этом в качестве носителей выступали как мелкодиспергированное топливо, так и различные техногенные и природные компоненты. По оценкам 1995 г. содержание "горячих" частиц составляет $180-46200$ частиц на м^2 в радиусе $40-250$ км от ЧАЭС (в 1987г. – $16-1200$ тыс. частиц на м^2). Поскольку аэродинамические характеристики "горячих" частиц низки, и их вертикальное перераспределение наблюдается главным образом в верхних ($0-5$) см слоях почвы, то наблюдаемое уменьшение количества "горячих" частиц и их дисперсности во времени свидетельствует об имеющих место дезагре-

гации и геохимическом разрушении этих частиц под воздействием природных факторов. При этом устойчивость частиц топливного происхождения, сосредоточенных преимущественно в ближней зоне ЧАЭС, выше, чем конденсационных, обнаруживаемых главным образом в дальней. Учитывая сказанное, а также результаты обнаружения "горячих" частиц в легочной ткани, бронхоальвеолярной жидкости, желудочно-кишечном тракте людей и животных, можно заключить, что вопрос радиобиологической опасности "горячих" частиц остается по-прежнему актуальным.

Данные направления послужили основой для выполнения международных научных проектов ЕСР-3, ЕСР-4, ЕСР-5, заключенных между странами Европейского сообщества (ЕС), Россией, Украиной и Беларусью. Проведение таких исследований позволило изучить пути биогенной, почвенной и водной миграции ^{137}Cs и ^{90}Sr и предполагает дальнейшее развитие концепций допустимых концентраций радионуклидов и дозовых нагрузок, корректировку различных аспектов безопасного проживания и хозяйственной деятельности. С 1995 г. совместно с НИЛ гидрoэкологии БГУ проводятся также исследования в рамках международного проекта с МАГАТЭ, в которых особое внимание уделяется радиозoологии озерных экосистем, в частности миграции радионуклидов по пищевой цепочке водной биоты.

В целом, работа в рамках международных проектов значительно повысила эффективность исследований вследствие использования общепринятых методик, современного оборудования, экспертных оценок и обмена опытом. В частности, лаборатория радиохимии БГУ тесно сотрудничает с ANPA-DISP (Италия), Афинским сельскохозяйственным университетом (Греция), IAEA (Австрия), Национальной лабораторией RISO (Дания) и др.

Результаты научно-исследовательской работы лаборатории радиохимии положительно оценены научной общественностью. По материалам НИР опубликовано более 100 научных работ, сделано около 40 сообщений на научно-практических конференциях республиканского и международного уровня, защищены 2 кандидатские диссертации.

В заключение необходимо отметить, что проблемы Чернобыля не потеряли своей актуальности. Ситуация, сложившаяся в результате аварии на ЧАЭС, должна быть в полной мере использована для приобретения опыта в реализации научно обоснованных и эффективных контрмер в случае крупномасштабного загрязнения радионуклидами.

УДК 547.512+547.729

Л.С. СТАНИШЕВСКИЙ, О.Г. КУЛИНКОВИЧ

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ КАФЕДРЫ ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ БЕЛОРУССКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА



Станишевский Леонид Станиславович, доктор химических наук, профессор кафедры органической химии и химии высокомолекулярных соединений БГУ. Область научных интересов — синтез биологически активных гетероциклических соединений. Автор более 150 научных работ.

Куликович Олег Григорьевич, доктор химических наук, профессор, зав. кафедрой органической химии и химии высокомолекулярных соединений БГУ. Область научных интересов — органический синтез, фазовые превращения водорастворимых полимеров. Автор более 100 научных работ.

The brief review of works carried out at the Department of Organic Chemistry, Chemical Faculty, Belarusian State University, in the field of small- and medium-size carbo- and heterocycles is brought.