



## **7.6. ГЕОХИМИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ, ОЦЕНКА ЕЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ**

---

*Ф.В. Сухоруков, В.П. Ковалёв, Н.А. Росляков, М.С. Мельгунов*

Это направление возникло уже после «эпохи Ф.Н. Шахова», под ее влиянием. Достижения по гипергенной геохимии рудообразующих элементов позволили геохимикам активно включиться в решение назревших задач по

оценке экогеохимического состояния окружающей среды. В план НИР лаборатории поисковой геохимии (руководитель д.г.-м.н. Н.А. Росляков) на 1989–2000 гг. впервые была включена тема, предусматривающая «разработку принципов и методов геохимического мониторинга окружающей среды в ландшафтах Западной Сибири». Особенно плодотворно экогеохимические исследования в отделе стали развиваться с начала 90-х годов по предложению председателя СО РАН академика В.А. Коптюга и директора института академика Н.Л. Добрецова. В это время Правительство РФ поручило Сибирскому отделению провести экспертизу проекта Катунской ГЭС. Чернобыльская катастрофа явилась толчком к постановке конкретных задач по обследованию Республики Алтай, Алтайского края и других территорий для оценки их загрязнения техногенными радионуклидами и экологически опасными металлами, и прежде всего ртутью.

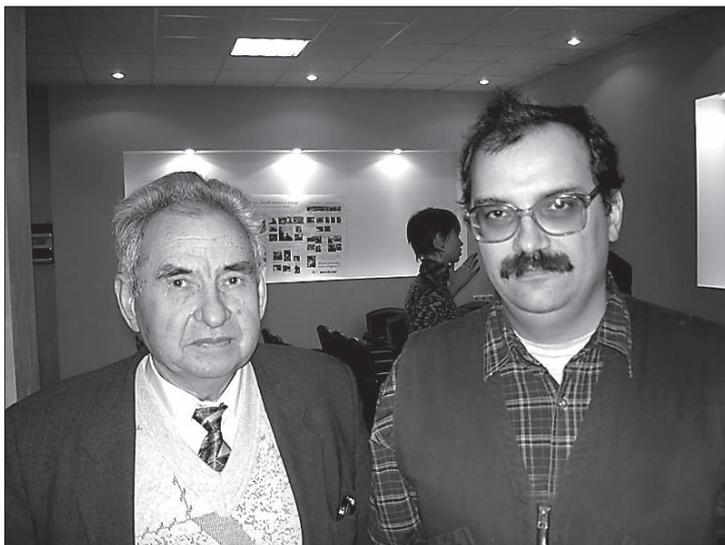
Экогеохимические исследования стали развиваться по двум основным направлениям:

- оценка состояния окружающей среды, в том числе картирование следов испытаний ядерного оружия на Семипалатинском полигоне и последствий аварии Чернобыльской АЭС;

- проблемы геоконсервации радиоактивных отходов.

Работа экогеохимиков по первой проблеме проводилась совместно с почвоведом, биологами, генетиками, химиками, биофизиками и математиками институтов Сибирского отделения и нацелена на масштабное комплексное изучение территорий Сибири с высокой техногенной нагрузкой. К ним относятся Республики Тыва и Алтай, Алтайский и Красноярский края, Новосибирская, Кемеровская, Томская и Иркутская области, пострадавшие от ядерных испытаний на Семипалатинском полигоне и деятельности предприятий ядерно-топливного цикла – СХК (Томск) и ГХК (Красноярск), а также от работы промышленных предприятий и ТЭЦ юга Сибири. Север Западной Сибири загрязнен продуктами испытаний ядерного оружия на Северном полигоне (Новая Земля) и нефтегазодобывающей промышленностью. Получены результаты по следующим экогеохимическим направлениям: 1) обследование и мониторинг радиоактивного и химического загрязнения, в том числе вторичного, основных компонентов окружающей среды – почв различных генетических типов (преимущественно целинных), вод, снежного покрова, донных осадков, растительности, ягеля, лесных опадов, торфяников верховых болот в различных ландшафтах; 2) экспериментальные (натурные и лабораторные) исследования форм нахождения и подвижности радионуклидов в окружающей среде с выработкой рекомендаций по предотвращению их неуправляемого распространения.

Руководящей идеей этих исследований, изложенной в коллективной монографии «Экогеохимия Западной Сибири» (Росляков и др., 1996), явилась оценка вкладов антропогенной и естественной составляющих относительно геохимического природного фона естественных радионуклидов и нерадиоактивных химических элементов (особенно токсикантов). Для оценки природной и техногенной нагрузок на биосферу были впервые опробованы почвы по нескольким трансектам, таким как Павлодар–Новосибирск–Колпашево, Междуреченск–Кыштовка и др. Намечены полигоны геохимически связанных автономных и подчиненных ландшафтов, характеризующих зоны разного увлажнения (сухая степь, степь, лесостепь, подтайга, южная тайга).



Ф.В. Сухоруков (слева) и М.С. Мельгунов

Дана характеристика главнейших особенностей геохимии экосферы, выделены типы экосистем и показана специфика протекающих в них процессов, а также раскрыты основные черты поведения химических элементов в различных обстановках зоны гипергенеза. В итоге выявлены локальные мозаично развитые площади, загрязненные тяжелыми металлами, и определен уровень загрязнения ими природных ландшафтов.

Большие исследования проведены по геохимии ртути в породах и водах зоны влияния проектируемой Катунской ГЭС. Результаты отражены в книге Н.А. Рослякова, В.С. Кусковского, Г.В. Нестеренко и др. «Катунь: экогеохимия ртути» (1992). Подробно рассмотрено распределение природных и техногенных радионуклидов и токсичных металлов в основных компонентах окружающей среды: почвах, растениях, лесных опадах, торфяниках верховых болот, донных отложениях замкнутых водоемов и водах (Гавшин и др., 1993; Сухоруков и др., 2000; Sukhorukov et al., 2000; Щербов и др., 2000). Проведено районирование эколого-геологических условий на территории Новосибирской области и дана оценка ее экологического состояния в масштабе 1 : 500 000 (Росляков, Калинин, 2007). Показано, что кроме природных аномалий тяжелых металлов и естественных радионуклидов, практически на всей территории Западной Сибири плотность загрязнения целинных почв, торфов и донных осадков техногенными радионуклидами превосходит уровень глобального их распространения, принятый для  $^{137}\text{Cs}$  на 1996 г. равным 50 мКи/км<sup>2</sup> (Сухоруков и др., 2000). Выяснилось, что загрязнение техногенными радионуклидами (судя по  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ ) территории носит мозаичный характер, обусловленный неравномерным глобальным выпадением от конкретных взрывов на Семипалатинском и Новоземельском полигонах, а также их вторичным перераспределением, в частности в результате лесных пожаров (Щербов и др., 2000). Установлено, что радиоактивные продукты аварии на Чернобыльской атомной электростанции достигали территории юга Западной Сибири. В целинных почвах, судя по соотношению  $^{134}\text{Cs}$  и  $^{137}\text{Cs}$ , в начале 90-х годов они составляли не более 10 % общей радиоактивности почв (Гавшин и др., 2000).

В рамках грантов по программам Европейской комиссии проведены исследования техногенных изменений радиохимического фона земной поверхности. Изучено распределение и нарушение природных равновесий при переработке урановых руд между ураном и продуктами его распада на примере месторождения Каджи-Сай на побережье оз. Иссык-Куль (Кыргызстан) и в районах Южной Сибири (горелые угли КАТЭКа) (Мельгунов и др., 2003; Gavshin et al., 2004, 2005).

Логика экогеохимических исследований привела к выводу о возможности оценки техногенной компоненты в формировании геохимического фона современного почвенного покрова на основании анализа торфяных залежей верховых болот (Gavshin et al., 1999; Гавшин и др., 2003, 2004). На основе разносторонних исследований торфяной золы даны оценки динамики поступления микроэлементов и радионуклидов из атмосферы на поверхность болота на протяжении XX в. Показано, что в разрезе торфяника распределение элементов-гидролизатов и лантаноидов полностью соответствует распределению зольности, в то же время относительно «летучие» халькофильные элементы и бром, напротив, проявляют слабую обратную зависимость от зольности, что нами принимается как показатель фракционирования химических элементов на путях атмосферной миграции. Вместе с тем торфяные слои XX в., датированные по  $^{210}\text{Pb}$ , отличаются от отложений предшествующего тысячелетия повышенным содержанием минерального вещества, но не выделяются по степени его фракционирования, которое, таким образом, нельзя считать специфической чертой индустриальной эры.

Важной проблемой для сотрудников отдела стало изучение закономерностей распределения и путей миграции техногенных радионуклидов в окружающей среде, источниками которых являются предприятия ядерно-топливного цикла. Работы по радиоактивному загрязнению поймы р. Енисей проводились и проводятся в рамках интеграционных междисциплинарных проектов СО РАН с 1997 г. совместно с сотрудниками Института биофизики, Института леса, Института вычислительной математики и СКТБ «Наука» СО РАН с участием институтов Уральского отделения РАН и НАН Украины. Установлено, что пойма Енисея после придонного сброса радиоактивных вод с горно-химического комбината значительно загрязнена, особенно в ближней зоне (до 25 км),  $^{137}\text{Cs}$ , изотопами Eu,  $^{60}\text{Co}$ , изотопами Pu. В эту зону, по нашим данным, в 1998 и 2000 гг. поступило значительное количество короткоживущих радиоизотопов, определение которых было проведено через несколько часов после отбора проб воды и водных макрофитов (Сухоруков и др., 2000, 2004, 2009).

Установлено чрезвычайно неравномерное латеральное и вертикальное распределение  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{60}\text{Co}$ , изотопов Eu и Pu,  $^{90}\text{Sr}$  в почвенных разрезах и донных осадках. Показано, что вниз по течению рек от сброса среди радионуклидов доминирует  $^{137}\text{Cs}$ , который по данным химического фракционирования проб почв и донных осадков прочно фиксируется глинистыми минералами и в дальнейшем мигрирует во взвешях. В ближней зоне влияния ГХК неравномерное распределение радионуклидов в почвах и донных осадках связано с наличием «горячих» и «активных» частиц, в составе которых фиксируются кроме  $^{137}\text{Cs}$  и другие изотопы, в том числе урана и трансурановых элементов (Pu,  $^{24}\text{Am}$ ,  $^{243}\text{Cm}$ ). Экспериментальными исследованиями показано, что в режиме проточной воды «горячие» и «активные» частицы



К.г.-м.н. Ф.В. Сухоруков проводит замеры

растворяются, и радионуклиды, входящие в них, поступают в повторную миграцию. Кроме того, радиоцезий (аналог калия) в повторную миграцию вовлекается в результате поглощения наземными макрофитами. Оценка количества радионуклидов, вовлеченных в повторную миграцию обоими путями, составляет 5–10 % от исходного количества в аллювиальных почвах (Сухоруков и др., 2004; Кропачева и др., 2006; Чугуевский и др., 2009; Мельгунов и др., 2009).

Особое значение имели радиоэкологические исследования по предотвращению неуправляемого процесса попадания радионуклидов в окружающую среду в пределах и за пределами санитарно-защитных зон предприятий ядерно-топливных центров. В основе их решения лежала идея совмещения радиоактивных отходов с геологической средой путем приведения радионуклидов в равновесии с минеральным веществом в химически инертное состояние.

Изучение совместного поведения искусственных радионуклидов и тяжелых металлов при лесных пожарах позволило впервые в мировой практике получить количественные оценки их эмиссии. Горение лесных массивов сопровождается активным выносом из пожарищ  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  и изотопов плутония, ртути, кадмия, свинца и других токсикантов. В отдельных случаях эмиссия того или иного элемента может достигать 50 % его исходного содержания в лесных горючих материалах.

К несомненной заслуге коллектива лаборатории следует отнести результаты совместного изучения с другими институтами ННЦ СО РАН экогеохимического состояния ландшафтов в местах проживания коренного населения Сибири – Республики Алтай, Саха (Якутия), Тыва, Агинский Бурятский АО, Усть-Ордынский Бурятский АО, Ямало-Ненецкий АО. Показано, что для большинства северных регионов основной экологической проблемой является низкое качество питьевых вод. В Ямало-Ненецком АО до сих пор отмечаются случаи высокого загрязнения оленьей (выше ПДК) радиоцезием. К сожалению, эта проблема, широко обсуждавшаяся в период активных испытаний ядерных устройств на полигонах СССР и США, в настоящее время никем, кроме нас, не исследуется и слабо освещается в печати.