

## ГЕРМАН НИКОЛАЕВИЧ БОНДАРЕНКО

(к 80-летию со дня рождения)



12 мая 2014 года исполнилось 80 лет со дня рождения одного из ведущих ученых Украины в области геохимии окружающей среды, доктора геолого-минералогических наук, профессора Бондаренко Германа Николаевича, заместителя директора ИГОС по научной работе, заведующего отделом геохимии техногенеза, лауреата Государственной премии в области науки и техники Украины.

Герман Николаевич родился в Москве. Следуя за отцом – офицером строительных железнодорожных войск, в детские годы ему пришлось покочевать по всей огромной территории бывшего СССР – от Западной Украины до Сахалина, учиться в разных школах, меняя их едва не ежегодно. В 1952 году он окончил с золотой медалью среднюю школу в г. Перми и поступил на специальный физико-химический факультет Московского химико-технологического института им. Д.И. Менделеева, который закончил в 1958 году. Получив редкую в то время квалификацию радиохимика по специальности «технология радиоактивных, редких и рассеянных элементов», он был направлен на работу на закрытое радиохимическое предприятие «Маяк» (Челябинск-40). Сначала работал инженером-технологом, затем руководителем группы. Им был разработан эффективный метод выделения нептуния из радиоактивных отходов производства плутония с помощью ионной хроматографии. В 1965 году он защитил кандидатскую диссертацию по радиохимии нептуния.

В 1968 году Герман Николаевич пришел в Академию наук Украины. Свой опыт радиохимика, исследователя и технолога, он сумел с успехом применить в исследовании природных геохимических процессов и добился замечательных успехов в области изотопной геохимии, радиогеохимии, геохимии техногенеза. Академическую карьеру он начал в Морском гидрофизическом институте (г. Севастополь), где в должности старшего научного сотрудника занимался исследованием техногенного радиоактивного загрязнения Черного моря, разрабатывал методы выделения радионуклидов из морской воды. В 1970 г. Г.Н. Бондаренко поступил на работу в Институт геохимии и физики минералов (впоследствии ИГМР НАНУ) в молодой растущий отдел ядерной геохимии и космохимии, созданный Э.В. Собоновичем. В этом растущем отделе Герман Николаевич и формировался как ученый-геохимик и, в свою очередь, существенно влиял на формирование тематики отдела и его научного потенциала. Именно он начал изотопно-геохимические исследования подземных вод для оценки взаимосвязи подземных горизонтов, которые стали одним из основных направлений научной деятельности отдела на многие годы.

Герман Николаевич разработал *изотопно-геохимический метод* оценки взаимосвязи вод подземных горизонтов, основанный на изучении распределения природных изотопов углерода, водорода, кислорода, урана в подземных водах. Этот метод использовался для решения проблем безопасного захоронения жидких радиоактивных отходов предприятий

атомної енергетики ССРСР, в том числі і нині діючого полігона захоронення Красноярського радіохімічного комбіната.

В процесі розробки і впровадження методу, помімо методических принципів і прикладних досліджень, ім були установлені фундаментальні закономірності в області ізотопної геохімії карбонатної системи в зоні гіпергенеза. Так, вперше на грани оксидної і аноксидної серед була ідентифіцирована латеральна зональність ізотопного складу мінерального вуглерода подібно вертикальній зональності в морських осадах. Це дозволило установить закон формування просторової ізотопно-вуглеродної структури, орієнтованої відносно джерел надходження кисню і сульфату в аноксидну серед. Розроблена ім математическа модель ізотопно-вуглеродної структури дозволяє з високою точністю ідентифіцировать розташування зон живлення, розвантаження і «окон» в гідрогеологіческих системах. Крім того, з допомогою цього методу Герману Николаевичу удалося вперше ідентифіцировать на території Європи підземні води льодикового походження в районі їх розвантаження в Фінський залив (Стрельнинський горизонт).

Германом Николаевичем вперше по даним ізотопно-вуглеродної структури в аноксидній середі *in situ* була определена величина коефіцієнта ізотопного фракціонування ( 0,31 ) при біохіміческої трансформації вуглерода від органіческого к мінеральному. Також вперше розроблена методика определения радіовуглеродного вікту підземних вод в аноксидній середі, виявлено неравновесие ізотопного складу вуглерода в атмосфері і атмосферних осадах і предложено механізм цього явлення.

Результати цих досліджень внесли вагомий вклад в ізотопну геохімію і послужили основою докторської дисертації Германа Николаевича «Геохімія ізотопів вуглерода карбонатної системи в зоні гіпергенеза», которую он защитил в 1990 году по специальности «геохимия». В 1991 году он основал отдел геохимии трансураниевых элементов в рамках организованного в том же году Э.В. Соболевичем Отделения радиогеохимии окружающей среды ИГМР. В дальнейшем тематика исследований отдела расширялась, он был переименован в отдел радиогеохимии экосистем и вошел в состав созданного в 1996 г. Государственного научного центра радиогеохимии окружающей среды НАНУ, преобразованного в 2000 г. в Институт геохимии окружающей среды. В 2012 году к отделу присоединились сотрудники отдела геохимии техногенеза (зав. отделом Б.А. Горлицкий). С 2013 года объединенный отдел принял название отдела геохимии техногенеза.

Чернобыльская катастрофа потребовала изменения научных планов многих ученых, большинство из которых не имели опыта работ с радиоактивным загрязнением окружающей среды. Герман Николаевич был одним из немногих специалистов в Украине, имевшим специальное радиохимическое образование и непосредственный опыт работы с радионуклидами в открытом виде. В мае 1986 г. он возглавил радиохимическую группу ученых, которая исследовала формы радиоактивного загрязнения в зоне влияния Чернобыльской аварии.

Глубокие знания и колоссальный опыт в области радиогеохимии позволили Г.Н. Бондаренко увидеть и доказать, что Чернобыль не повторил Уральскую аварию 1957 года как по своей сути, так и по масштабности. С первых же дней после аварии он обратил внимание на особенность форм радиоактивных чернобыльских выпадений, отличавшихся своей дисперсностью и растворимостью радионуклидов в водных растворах от известных ранее глобальных радиоактивных выпадений и образовавшихся при Кыштымской радиационной аварии. Под его руководством было экспериментально установлено, что чернобыльские радиоактивные выпадения представлены продуктами дробления топлива, графита, сплавов и конгломератов топлива с конструкционными материалами, в которых радионуклиды удерживались с различной прочностью.

Исследования геохимии чернобыльских радионуклидов многие годы были главной задачей отдела, возглавляемого Г.Н. Бондаренко. Герман Николаевич стал основателем

решения проблем защиты окружающей среды в Украине с позиций трансформации физико-химических форм радионуклидов, кинетики образования их миграционноспособных и фиксированных форм. Он сформулировал и обосновал теоретические основы динамики самоочищения радиоактивно загрязненных экосистем путем иммобилизации радионуклидов в почвах, что послужило надежным аппаратом реконструкции и прогноза динамики доз внутреннего облучения населения в зоне влияния аварии на ЧАЭС. Им была разработана *концепция формообразования* техногенных радионуклидов, устанавливающая сопряженность и динамику трансформационных и миграционных процессов, что дает возможность установить механизм самоочищения наземных экосистем, загрязненных в результате техногенной аварии. Им доказана решающая роль в загрязнении экосистем *мобильной формы радионуклидов* (сумма водорастворимой и ионообменной форм), которая, с одной стороны, является промежуточным продуктом трансформации, а с другой – материальным носителем нуклида в процессах водной биогенной и абиогенной миграции. Отсюда следует, что изменяющееся со временем соотношение мобильных и фиксированных форм радионуклидов определяет механизм и скорость миграции радионуклидов. Под его руководством была разработана и параметризована кинетическая модель физико-химической трансформации радионуклидов, которая позволила прогнозировать динамику загрязнения путей миграции радионуклидов, прежде всего, через корневое питание – в растительность. Оказалось, что благодаря образованию фиксированных форм цезия-137 период полураспада растительности и трофических цепей в загрязненных районах составляет 3-4 года, а не 30 лет, как было бы при самоочищении лишь за счет ядерно-физического процесса радиоактивного распада.

Первые шаги в применении концепции формообразования радионуклидов для защиты окружающей среды были сделаны при составлении прогноза загрязнения Днепровских каскадов на первый поставарийный паводок весной 1987 г., в котором Бондаренко Г.Н. принимал непосредственное участие. Прогноз, который был передан Правительству УССР, сыграл решающую роль при подготовке правительственного решения о (не)выселении гражданского населения из районов риска загрязнения источников водоснабжения (в том числе, г. Киев). Полностью оправдавшийся прогноз позволил избежать колоссальных финансовых затрат на отселение жителей Приднепровья. В дальнейшем были определены прогнозные параметры динамики мобильной и фиксированной формы радионуклидов в почвах зоны влияния аварии ЧАЭС, донных отложениях, в захоронениях ПВЛРО, получены исходные данные для оценки влияния Зоны отчуждения на радиоэкологическую обстановку на сопредельных территориях.

Творческую манеру Бондаренко Г.Н. отличают новаторство, использование знаний и методов смежных наук, стремление довести решение поставленной научной проблемы до количественного, аналитического уровня, умение применить полученные результаты для выполнения конкретных практических задач. Его творческие достижения свидетельствуют о глубоких и разносторонних знаниях, широкой эрудиции и многогранности научных интересов.

Под научным руководством Г.Н.Бондаренко были защищены три кандидатские диссертации – В.В. Долиным (1996 г.) по специальности «геохимия», Е.И. Жебровской (2003) и И.Л. Колябиной (2007) по специальности «экологическая безопасность». Он был также научным консультантом двух докторских диссертаций – В.В. Долина и А.А. Кроик. Это были первые доктора геологических наук по новой специальности «экологическая безопасность».

Научные идеи и достижения Г.Н. Бондаренко в области геохимии окружающей среды и экологической безопасности представляют интерес для использования в учебном процессе при подготовке современных специалистов. Поэтому, начиная с 2006 года студенты V–VI курсов инженерно-химического факультета НТУУ «КПИ» ежегодно проходят практику и выполняют курсовые и дипломные работы в лабораториях отдела, руководимого Германом Николаевичем. Дипломные и курсовые работы, выполненные студентами в отделе, неизменно защищаются с оценкой «отлично». Лучшие из этих практикантов приходят на

работу в отдел, поступают в аспирантуру к Герману Николаевичу. Так отдел получает молодое пополнение исследователей (О.В. Маринич, К.К. Ярошенко, К.Е. Перкатый).

Опубликованные научные труды Г.Н. Бондаренко свидетельствуют о фундаментальности, многогранности научных интересов, глубоких и разносторонних знаниях, широкой эрудиции. Они представлены почти в трех сотнях публикаций, в том числе 11 монографиях, среди них: «Формирование изотопного состава карбонатной системы природных вод» (1983), «Радиогеохимия зоны влияния ЧАЭС» (1992), «Авториабілітаційні процеси в екосистемах Чорнобильської зони відчуження» (2001), «Геохимия техногенных радионуклидов» (2002), «Чорнобильська катастрофа – 20 років» (2006); он имеет 9 изобретений и патентов. Герман Николаевич был включен в редколлегию 7 тома юбилейного издания Избранных научных трудов академика В.И. Вернадского, опубликовал статью-комментарий в этом томе. За истекший год Герман Николаевич подготовил к печати новую монографию «Кинетика формообразования техногенных радионуклидов в почвах как ключевой фактор оценки экологического состояния природной среды после радиационных аварий» в соавторстве с Л.В. Кононенко и И.Л. Колябиной. Монография выйдет из печати в издательстве «Наукова думка» в конце текущего года.

Неуемное научное любопытство и страсть к добыванию новых знаний влекут Германа Николаевича к расширению сфер исследования. Под его руководством проводились исследования по применимости фундаментальных закономерностей формообразования, установленных для радионуклидов в наземных экосистемах, к техногенному загрязнению тяжелыми металлами. Несколько лет назад Герман Николаевич заинтересовался проблемой извлечения сероводорода из глубинных вод Черного моря для нужд энергетики. Методом физико-химического моделирования было определено содержание химических форм сероводорода в водах Черного моря в зависимости от давления и температуры, был разработан способ удаления газов из газосодержащего раствора, в частности сероводорода из морской воды, на который получен патент в соавторстве с Б.А. Горлицким.

В последние годы Герман Николаевич занимается актуальными проблемами обращения с радиоактивными отходами, в частности, проблемами переработки жидких радиоактивных отходов, а также изучением влияния на окружающую среду отходов ураноперерабатывающей промышленности, накопленных за многие десятилетия в хвостохранилищах, принимая участие в международных проектах, посвященных этим проблемам. Под его руководством разработан метод оценки выноса природных радионуклидов из хвостохранилищ уранового производства по дефициту  $^{210}\text{Pb}$ , установлено нарушение радиоактивного равновесия среди конечных членов ряда  $^{238}\text{U}$  в отходах ураноперерабатывающей промышленности, направление которого зависит от физико-химических условий хвостохранилищ.

Более десяти лет (с 2003 г.) Герман Николаевич был заместителем директора Института по научной работе. Он является заместителем главного редактора научного издания «Збірник наукових праць Інституту геохімії навколишнього середовища», постоянным автором этого издания, а также рецензентом статей своих коллег.

Мы благодарим его за многолетний плодотворный труд и желаем крепкого здоровья, радости творчества, новых свершений.

*Коллеги*