



### **7.5. ИТОГИ И РАЗВИТИЕ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ИДЕЙ Ф.Н. ШАХОВА В НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ**

---

*С.М. Жмогик*

Несмотря на то, что исследования по геохимии проводились также в Институте геохимии СО РАН под руководством Л.В. Таусона, главные на-

правления НИР не дублировались. Так, для лаборатории нашего института основными были исследования геохимии благородных, редких и радиоактивных элементов в экзогенных обстановках — процессах формирования кор выветривания, аллювиальных отложений, конгломератов и осадочных толщ в целом, с упором на углеродсодержащие отложения; геохимии благородных и радиоактивных элементов в эндогенных обстановках — в процессах взаимодействия магматитов с вмещающими породами, а также метаморфических и гидротермальных преобразований.

Следует отметить, что в начальный период работы в Институте геохимии СО РАН практически не затрагивались «благороднометалльное и радиоактивное» направления (хотя Л.В. Таусоном ранее были опубликованы фундаментальные работы по геохимии урана). Соответственно, разрабатываемые и осваиваемые аналитические методы также существенно отличались: в лаборатории ИГиГ это были нейтронно-активационный, гамма-спектрометрический, химико-спектральный, прежде всего для определения благородных, радиоактивных и сопутствующих им элементов. Несомненно, более значительные успехи при изучении геохимии редких элементов как индикаторов петро- и рудогенеза, а также в качестве поисковых признаков были достигнуты в Институте геохимии СО РАН. Хотя отметим, что в 1976 г. Л.В. Таусон и Н.А. Росляков вместе получили мощную поддержку ГКНТ для проведения исследований в области методов поисковой геохимии. Это позволило Н.А. Рослякову, Н.В. Росляковой и Ю.Г. Щербакову обосновать новую (на тот период) золоторудную Салаирскую провинцию. Еще раз хочется подчеркнуть, что во взаимоотношениях между сотрудниками Института геохимии СО РАН и лаборатории геохимии ИГиГ сложились и остаются исключительно доброжелательные, взаимоподдерживающие отношения, которые были заложены мудрыми руководителями — Ф.Н. Шаховым и Л.В. Таусоном.

К достижениям деятельности лаборатории следует отнести масштабные исследования в направлении геохимии золота (эндогенной, экзогенной и аналитической), выполненные Ю.Г. Щербаковым, Н.А. Росляковым, Н.В. Росляковой, Г.Н. Аношиным, Г.В. Нестеренко, Л.В. Алабиным, Ю.А. Калининским и их помощниками. Так, в настоящее время активно ведутся поиски «нетрадиционного» типа золотого оруденения в корах выветривания, о существовании и широком распространении которого более тридцати лет назад писал Н.А. Росляков. Выводы о связи источников золоторудных месторождений Алтае-Саянского складчатого пояса с габбро-ультрабазитовыми ассоциациями, сделанные еще в 60–70-е годы прошлого века Ю.Г. Щербаковым, подтвердились и нашли свое продолжение (связь Au месторождений с офиолитовыми ассоциациями и поясами). Выделенная им относительная возрастная последовательность формирования Au оруденения и связь на ранних стадиях с базит-ультрабазитовыми ассоциациями, далее с гранитоидами «пестрого» состава (гибридными) и на заключительных этапах — с комплексами субвулканических и малых интрузий (на фоне региональных повышенных концентраций Au в породах) подтверждена последующими работами. Первые тонкие исследования, проведенные Г.Н. Аношиным по геохимии золота в породах океанической коры и океанической воде, сделанные на основании разработанных и внедренных прецизионных аналитических методов, не потеряли актуальности и на сегодняшний день. Во многом благодаря изучению состава самородного золота россыпей и минералов, заключенных в нем, проведенному Г.В. Нестеренко, эти параметры в настоящее время широко используются в качестве прогнозных и поисковых признаков Au орудене-



ния. Данные по экзогенной геохимии элементов-гидролизатов, полученные В.М. Цибульчиком, позволили существенно увеличить запасы уникального редкометалльного Улут-Танзекского месторождения (успешно разведанного под руководством О.К. Гречищева) за счет высокотехнологичных руд мощной коры выветривания.

Разработанные методы определения радиоактивных элементов, в том числе при ультранизких концентрациях, позволили создать низкофоновые стекла и изделия из них, которые были востребованы в структурах Министерства обороны «доперестроечной» страны. В настоящее время на основе радиогеохимических исследований создана технология геоконсервации отходов радиоактивных веществ (В.П. Ковалёв).

Следует признать, что, несмотря на замечательный научный задел и высококвалифицированный коллектив, созданный Ф.Н. Шаховым, логического завершения исследований в виде открытия месторождений не произошло, по нашему мнению, прежде всего из-за раннего ухода из жизни Ф.Н. Шахова. Это обстоятельство во многом деструктивно повлияло на отдел геохимии, особенно при этом пострадало редкометалльное направление.

В настоящее время идеи Ф.Н. Шахова реализуются и развиваются его учениками и последователями. Прежде всего, это рудно-геохимическое научное направление, объединяющее геохимические исследования рудоформирующих процессов и систем, роль и соотношение экзогенного и эндогенного факторов в рудообразовании, а также участие органических веществ в концентрировании благородных, редких и радиоактивных элементов.

Заложенная Ф.Н. Шаховым комплексность в исследованиях отдела геохимии явилась основой для формирования новых научных направлений. На базе геохимических подходов и методов проводятся исследования широкого круга новых проблем:

- роль живого вещества в экзогенных и гидротермальных процессах;
- наноразмерная форма нахождения благородных, радиоактивных и редких элементов и роль наночастиц в геологических процессах концентрирования металлов;
- геохимия осадочного рудогенеза (прежде всего на примере золота, урана и редких элементов);
- экогеохимия (геохимия окружающей среды);
- классификации месторождений по устойчивым элементам и минеральным парагенетическим ассоциациям.

Так, в результате исследований геохимии естественных радиоактивных элементов была обоснована возможность их использования в качестве природных «меченых атомов», с помощью которых можно решать вопросы стратиграфического расчленения осадочных, метаморфических и магматических комплексов, определять их формационную принадлежность, геодинамические обстановки формирования, проводить типизацию рудно-магматических систем, разрабатывать критерии и признаки прогноза и поисков месторождений радиоактивного сырья (Кренделев, 1971; Бобров и др., 1975; Ножкин и др., 1975; Кренделев и др., 1976, 1979; Жмодик, 1984; Миронов, 1999).

Другое важное и оригинальное направление, возникшее в отделе геохимии, — это использование искусственных радиоактивных изотопов (метод радиоактивных индикаторов) нерадиоактивных элементов (прежде всего золота). Гамма-спектрометрические и автордиографические методы регистрации позволили изучить распределение и формы нахождения золота в рудах и экспериментальных системах, моделирующих поведение золота в



Д.г.-м.н. С.М. Жмодик

различных геологических процессах, от силикатных расплавов до зоны гипергенеза (Миронов и др., 1989; Жмодик и др., 2008). Первые результаты по геохимии золота с использованием метода радиоизотопных индикаторов в 70–80-е годы прошлого века намного опередили исследования за рубежом в этом направлении (Кренделев и др., 1978, 1979; Миронов, Жмодик, 1980, 1981; Жмодик и др., 1980, 1990; Миронов и др., 1989; и др.).

Ф.Н. Шахов постоянно указывал на важность данных о формах нахождения элементов в породах и рудах. В настоящее время в связи с появлением новых методов локального анализа вещества (СЭМ, ПЭМ, туннельная микроскопия, микроавтордиография и др.) установлено, что одной из наиболее распространенных форм нахождения благородных, редких и радиоактивных элементов в природных объектах являются наночастицы, существование которых (за исключением коллоидов) и их роль в геологических процессах (в том числе рудообразующих) не исследовались. Работы лаборатории в этом направлении были одними из первых, активно продолжают они и сегодня (Жмодик и др., 2006, 2007, 2009) как по плановым НИР, так и в рамках интеграционных проектов совместно с институтами РАН геологического, физического, химического и биологического профиля.

Тесно связаны с данным направлением исследования роли микроорганизмов в концентрировании благородных, редких и радиоактивных элементов. Показана решающая роль океанических микроорганизмов (микробиоты) в накоплении платины железомарганцевыми конкрециями (Жмодик и др., 2009). В гидротермальных системах Байкальской рифтовой зоны совместно с микробиологами Института цитологии и генетики СО РАН и Института общей и экспериментальной биологии СО РАН и специалистами Института катализа СО РАН выявлены бактериальные сообщества, способствующие аномально высокому накоплению ряда элементов (Ge, Ra, Ga, Br) и разделению радиогенных изотопов (Лазарева и др., 2008, 2009). Совместно с исследователями из Лимнологического института СО РАН впервые в осадках озера Байкал обнаружены ураноносные фосфориты и урансодержащие слои диатомовых отложений, формирование которых также происходило при активном участии микроорганизмов (Гавшин и др., 1994; Жмодик и др., 2001;



Zhmodik et al., 2003, 2005). Многоплановое комплексное исследование черноморских отложений позволило выделить главные геохимические особенности осадконакопления в условиях сероводородного заражения и провести сравнительный анализ с известными древними черносланцевыми толщами: баженовиты Западно-Сибирской плиты, квасцовые сланцы Швеции, черные сланцы Чаттануга (США), диктионемовые сланцы Прибалтики, горючие сланцы Оленёкского бассейна (Гавшин и др., 1988).

Огромную роль в развитии новых научных направлений в геохимическом подразделении ИГМ СО РАН сыграл академик Н.А. Добрецов. Именно благодаря его настойчивому внедрению в сознание сотрудников института современных представлений о плейт-тектонике и глубинной геодинамике возникло направление, связанное с исследованием геохимических особенностей осадочных, магматических и рудных комплексов в различных геодинамических обстановках, т. е. геохимия геодинамических обстановок. Это направление тесно связано с аналогичными исследованиями в Институте геохимии СО РАН (академик М.И. Кузьмин и др.). Уже сейчас очевидно, что геодинамические обстановки и процессы, происходящие в условиях спрединга, коллизии, субдукции и плюмового магматизма, оказывают решающее влияние на формирование, локализацию и геохимическую специфику оруденения, в частности благороднометалльного (Алабин, Калинин, 1999; Жмодик и др., 2006, 2008).

Направление, связанное с изучением поведения благородных, редких и радиоактивных элементов в зоне гипергенеза, прежде всего в элювиальном и аллювиальном процессах, остается одним из главных. Это объясняется не только наличием специалистов очень высокого уровня — Н.А. Росляков, Г.В. Нестеренко, Ю.А. Калинин, но прежде всего новыми неординарными результатами о высокой подвижности благородных, редких и радиоактивных элементов в зоне гипергенеза, возможности формирования крупных месторождений с высокотехнологическими рудами и разработкой методов поисков МПИ на основе проведенных исследований по геохимии элементов в экзогенных процессах. Установлено, что экзогенные процессы ведут к кардинальному перераспределению вещества, в частности благородных, редких и радиоактивных элементов, которое обязательно надо учитывать, изучая геохимию эндогенного этапа.

Естественным следует считать и возникновение экогеохимического направления, связанного с изучением геохимии техногенного влияния на окружающую среду.