

Янин Е.П. У истоков экологической геохимии (к 85-летию со дня рождения Ю.Е. Саета) // Разведка и охрана недр, 2019, № 10, с. 47–54.

В статье рассказывается о творческом пути доктора геолого-минералогических наук Ю.Е. Саета, научные труды и организационная деятельность которого сыграли выдающуюся роль в становлении новой научной дисциплины – экологической геохимии.

В настоящее время в различных районах России выполняются «эколого-геохимические исследования», проводятся «эколого-геохимические оценки», осуществляется «эколого-геохимическое картирование»; в университетах и вузах читаются специализированные курсы «Экологическая геохимия» и действует магистерская программа по специализации 511015



Ю.Е. Сает (9.09.1934–9.07.1988)

«Экологическая геохимия»; в научных организациях функционируют лаборатории экологической геохимии, защищаются диссертации и издаются учебные и методические пособия, книги, сборники научных трудов, справочники по эколого-геохимической тематике. Начало и становление в нашей стране масштабных геохимических исследований состояния окружающей среды в связи ее преобразованием деятельностью человека, получившие название «эколого-геохимических исследований» и сыгравшие первостепенную роль в становлении новой научной дисциплины – экологической геохимии, связаны с именем Юлия Ефимовича Саета (1934–1988).

Ю.Е. Сает родился в г. Москве. Его отец – Ефим Григорьевич Сает (1887–1965) – инженер-механик, выпускник Императорского Московского технического училища (ныне МГТУ им. Н.Э. Баумана); мама – Елена Юльевна Сегал (1905–1972) – медицинская сестра. В 1952 г. Ю.Е. Сает окончил 313-ю мужскую среднюю школу г. Москвы, в 1957 г. – Московский институт цветных металлов и золота им. М.И. Калинина (где получил квалификацию «горный инженер-геолог» по специальности «поиски и разведка месторождений полезных ископаемых»), был направлен на работу в Централизованную поисково-разведочную экспедицию Геологоразведочного треста № 1 (с 1963 г. – Союзного геолого-геохимического треста), позже – Центральная геохимическая экспедиция (ЦГЭ) ИМГРЭ, с 1977 г. – Московская опытно-методическая экспедиция (МОМГЭ) ИМГРЭ. В этих организациях он проработал до 1977 г. и прошел путь от младшего геолога до начальника партии.

В 1957–1960 г. Ю.Е. Сает участвовал в прогнозно-поисковых и оценочных работах на редкометальное оруденение в щелочных массивах юга Красноярского края, в 1960–1961 г. проводил исследования по оценке бороносности в Туркмении, в 1962–1968 г. занимался разработкой и апробацией геохимических методов поисков (по вторичным ореолам и потокам рассеяния) эндогенных месторождений бора в различных районах СССР, которые выбирались так, чтобы были изучены

все наиболее перспективные с этой точки зрения регионы, расположенные на Дальнем Востоке (хр. Джугджур, Малый Хинган, Приморье), в Восточном Забайкалье и Прибайкалье, в Горной Шории, Северном Казахстане, Средней Азии (Чаткальский хр.), на Северном Кавказе и представлявшие разнообразную гамму типов геохимического ландшафта. В пределах каждого региона изучались все встречающиеся здесь типы проявлений эндогенного бора («рудные ландшафты») и условия геохимического фона («безрудные ландшафты»). Среди боропроявлений исследовались как потенциально промышленные типы – бораты в магнезиальных скарнах и боросиликаты в известковых скарнах, так и другие – алюмоборосиликатные (в частности, турмалиновые), не осваиваемые промышленностью, но очень широко распространенные в природе и поэтому чаще всего встречающиеся при поисках месторождений. Масштабы работ были велики, всего было отобрано и проанализировано более 12000 геохимических проб. Выполненные исследования позволили получить, обобщить и систематизировать оригинальный фактический материал по особенностям распределения и поведения бора в горных породах, корах выветривания, почвах, растениях и водах, охарактеризовать как условия геохимического фона, так и вторичные ореолы основных типов месторождений боратов и боросиликатов в скарнах и алюмоборосиликатов, обосновать критерии выявления и интерпретации геохимических аномалий бора, основанные на комплексном изучении ореолов и установлении форм нахождения этого элемента, а также предложить методику поисков бора на различных этапах и стадиях геологоразведочных работ.

В результате комплексного изучения практически всех известных в СССР эндогенных борных месторождений Ю.Е. Саеком было разработано методическое руководство по геохимическим методам поисков бора и дана прогнозная оценка на борное сырье различных регионов СССР, опубликована серия статей, в 1968 г. (23 мая) защищена кандидатская диссертация [3], а в 1973 г. опубликована монография [8]. Анализ этих работ показывает, что в основу поведенных работ были положены два принципа, которые впоследствии широко использовались Ю.Е. Саеком при внедрении геохимических методов для изучения зон загрязнения и оценки состояния окружающей среды. Это, во-первых, ландшафтно-геохимический метод исследования, т. е. сопряженное изучение и анализ миграции бора (и других элементов-индикаторов) в различных компонентах ландшафта – рудах, горных породах, корах выветривания, почвах, растениях, водах; во-вторых, статистический метод сбора и анализа фактического материала. Показательно, что уже в указанной выше книге [8] приводятся примеры распределения бора (геохимические аномалии бора в почвах и растениях) на участках, подверженных «искусственному заражению местности».

Значителен вклад Ю.Е. Саека в совершенствование геохимических методов поисков перекрытых рудных месторождений. В 1968–1976 гг. им были организованы и выполнены масштабные методические исследования и опытно-производственные работы по изучению распределения металлов и других химических элементов на безрудных участках (т. е. в фоновых условиях) и в пределах рудогенных аномалий различного типа на 20 месторождениях и большом количестве поисковых участков (медноколчеданные месторождения Северных Мугоджар, свинцово-цинковые месторождения Центрального Казахстана, меднопорфировые месторождения Прибалхашья, полиметаллические месторождения Рудного Алтая, свинцовые месторождения Закарпатья, медно-никелевое месторождение на Кольском полуострове, Уксинское редкометально-сульфидное месторождение в Каре-

лии). Для проведения указанных исследований и работ Ю.Е. Саеом был организован коллектив из 20-ти инженеров и техников (не считая студентов-практикантов и рабочих), среди которых были геологи, геохимики, почвоведы, геоботаники, гидрогеологи, химики-аналитики. Одновременно были созданы стационарная и полевая химико-аналитические лаборатории по изучению распределения химических элементов и форм их нахождения в почвах и водах, основанные на использовании в основном химических методов анализа. В сущности, аналогичные организационные подходы (но в более широком масштабе) были затем использованы Ю.Е. Саеом и при организации эколого-геохимических исследований.

Важнейшие итоги этих исследований систематизированы Ю.Е. Саеом в ряде статей и в хорошо известной многим специалистам книге [5]. В этих публикациях детально рассмотрено поведение геохимических ассоциаций (групп) элементов-индикаторов руд и первичных ореолов в различных обстановках выветривания, в том числе при формировании вторичных ореолов в склоновых отложениях; излагаются установленные Ю.Е. Саеом закономерности формирования наложенных геохимических ореолов, степень их распространенности в зависимости от различных геолого-литологических и ландшафтно-геохимических условий. С особой детальностью анализируется поведение именно ассоциаций элементов-индикаторов, что впоследствии было широко применено при изучении техногенных геохимических аномалий (метод техногенных геохимических ассоциаций). Вторичный геохимический ореол (в понимании Ю.Е. Саеа) представляет собой сравнительно локальную часть ландшафта, в пределах которой устанавливаются аномальные геохимические характеристики, обусловленные процессами гипергенного преобразования и распределения (перераспределения) химических элементов и их соединений, поставляемых источниками, не являющимися обязательным компонентом данного ландшафта. Источники могут быть как природными (рудные тела, их первичные ореолы, горные породы, по тем или иным причинам резко отличающиеся по свойствам от вмещающих пород), так и техногенными (выбросы, отходы или стоки промышленных предприятий, средства химизации, бытовые отходы и т. п.). На примере многочисленных месторождений, расположенных в пустынных, степных, лесных, таежных и мерзлотно-таежных ландшафтах, выявлены основные характеристики наложенных ореолов, установлена возможность их широкого использования для поисков рудных месторождений на наиболее сложных в этом отношении закрытых территориях. Исследования по наложенным ореолам на базе ландшафтно-геохимического анализа позволяют локализовать перспективные территории и выбрать участки для проведения горно-буровых работ.

В ходе исследований вторичных геохимических ореолов Ю.Е. Саеом (совместно с Н.И. Несвижской) была разработана оригинальная экспрессная методика поисков сульфидных месторождений, перекрытых аллохтонными отложениями, при апробации которой в Центральном Казахстане и Рудном Алтае были выявлены новые перспективные на промышленное оруденение территории и объекты. Указанная методика широко использовалась в практике геологоразведочных работ [1]. Основные элементы этой методики: 1) опробование верхней части гумусового горизонта почв; 2) извлечение солевой формы нахождения элементов-индикаторов ацетатно-буферной вытяжкой, экстрагирующей водорастворимые соединения, сорбированные элементы, карбонаты и сульфаты, или извлечение органоминеральной формы; 3) определение элементов-индикаторов в виде того или иного варианта суммы тяжелых металлов; 4) ландшафтно-геохимическая интерпретация данных

опробования. На основе этой методики была обоснована и апробирована организационно-технологическая схема поисков в закрытых районах с луговыми и степными ландшафтами. Она позволяет за один полевой сезон проводить весь цикл поисковых работ: выявление геохимических аномалий, их детализацию, интерпретацию и оценку горными работами с привлечением параметров по зоне выветривания или первичного ореола. Апробация этой схемы, проведенная на территориях, перспективных для поисков свинцово-цинковых и полиметаллических месторождений, показала ее высокую геологическую и экономическую эффективность.

Особое внимание в своих исследованиях Ю.Е. Саэт уделял процессам биоконцентрирования химических элементов, а также изучению форм нахождения последних во вторичных ореолах рассеяния. Предложенная им и Н.И. Несвижской технологическая схема извлечения из горных пород и почв важнейших минералого-геохимических фаз (форм нахождения), концентрирующих химические элементы в ореолах рассеяния [9], по-прежнему используется в практике прикладных геохимических и эколого-геохимических работ. Впервые было сформулировано понятие о так называемых минералого-геохимических формах нахождения химических элементов, выделяемых по формально-генетическому признаку. В частности, важнейшими минералого-геохимическими формами, заключающими элементы-индикаторы во вторичных наложенных ореолах в аллохтонных отложениях, являются: водорастворимые соединения (преимущественно сульфаты и хлориды тяжелых металлов), обменно-сорбированный комплекс, карбонаты и труднорастворимые сульфаты, гидроксиды железа, марганца, алюминия и кремния, органическое вещество, глинистые минералы, сульфиды (гипергенные, преимущественно пирит).

В 1976 г. у Ю.Е. Саэта, тогда начальника Экзогенной РТП ЦГЭ ИМГРЭ, возникла идея применить геохимические методы, используемые при поисках месторождений полезных ископаемых (прежде всего, геохимическое картирование), для выявления зон техногенного загрязнения в пределах г. Москвы и ее ближайшего окружений. Эта идея, с одной стороны, базировалась на учении В.И. Вернадского о геохимической роли человечества, согласно которому преобразование природы деятельностью человека является в основе своей геохимическим процессом, имеет глобальный характер и есть закономерное явление в геологической истории Земли. В качестве особой геологической силы В.И. Вернадский выделил так называемые биогеохимические функции человечества, а в качестве нового для биосферы вида геохимической миграции – биогенную миграцию атомов 3-го рода, идущей в биосфере под влиянием жизни, воли и разума человека, тем самым, в сущности, определив предмет новой научной дисциплины – экологической геохимии. С другой стороны, геохимические методы поисков рудных месторождений, как известно, во многом основываются на концепции вторичных геохимических ореолов и потоков рассеяния, неизбежно образующихся при разрушении месторождений и их первичных ореолов гипергенными процессами. В ходе распространения химических элементов (загрязняющих веществ), поступающих от техногенных источников, в окружающей среде также образуются геохимические ореолы и потоки рассеяния (техногенные геохимические аномалии, а с утилитарной точки зрения, зоны техногенного загрязнения), которые являются своеобразными аналогами вторичных ореолов и потоков рассеяния, формирующихся в районе рудных месторождений. Это априори и должно было позволить применить для выявления и картографирования техногенных геохимических аномалий методы и методические приемы поисковой геохимии. В свою очередь, различные характеристики техногенных гео-

химических аномалий – размеры, морфология, состав, степень концентрирования, вид существования, формы миграции и нахождения химических элементов и их соединений, особенности их трансформации и перераспределения, интенсивность биопоглощения, степень токсичности – в конечном счете и будут определять качество окружающей среды и экологические условия существования человека и других живых организмов.

Предложение Ю.Е. Саета на практике проверить указанную выше идею нашло поддержку у руководства ЦГЭ (начальник А.А. Гармаш) и ИМГРЭ (директор Л.Н. Овчинников). Уже в июне 1976 г. Экзогенная РТП под руководством и при участии Ю.Е. Саета начала первые эколого-геохимические работы в пределах г. Москвы и ее лесопарковой зоны (основанные, прежде всего, на площадном картировании верхнего слоя почв), которые практически сразу же были поддержаны партийными и административно-хозяйственными органами управления г. Москвы и Министерством геологии СССР. «Пионерство» Ю.Е. Саета в организации эколого-геохимических исследований имеет документальное подтверждение. Так, в «Характеристике Ю.Е. Саета» (хранится в архиве ИМГРЭ) от 1977 г., которую подписали начальник ЦГЭ ИМГРЭ А.А. Гармаш, секретарь партбюро Э.К. Буренков и председатель месткома А.А. Головин, сказано, что «в 1976 г. Ю.Е. Саеком были организованы и начаты работы по изучению геохимии окружающей среды г. Москвы и Московской области. За короткий срок им осуществлены исследования по широкой программе, получившей одобрение в МГ СССР и Моссовете». В характеристике Ю.Е. Саета от 5 декабря 1980 г. (хранится там же), подписанной директором ИМГРЭ Л.Н. Овчинниковым, секретарем партбюро В.В. Бурковым и председателем месткома А.Ф. Ефимовым, указывается, что «в 1976 г. Ю.Е. Саеком были организованы и начаты работы по изучению геохимии окружающей среды г. Москвы и лесопарковой зоны столицы». В «Характеристике Ю.Е. Саета» (хранится в архиве автора этих строк), датированной 6 января 1987 г. и подписанной директором ИМГРЭ Э.К. Бурковым, секретарем партбюро В.В. Бурковым и председателем профкома В.С. Вороновым, подчеркивается, что «в 1976 г. Ю.Е. Саеком были организованы и начаты работы по экологической геохимии».

2 марта 1977 г. Ю.Е. Саеком пишется заявление на имя директора ИМГРЭ Л.Н. Овчинникова с просьбой допустить его к участию в конкурсе на замещение вакантной должности заведующего Сектором геохимии окружающей среды, объявленного Институтом в рекламном приложении к газете «Вечерняя Москва» от 16 февраля 1977 г. Конкурс завершился успехом, и 8 апреля 1977 г. Мингео СССР утвердило решение Ученого совета ИМГРЭ об избрании на вакантную должность заведующего Сектором геохимии окружающей среды Ю.Е. Саеком. Приказом по ИМГРЭ № 92 от 3 мая 1977 г. Ю.Е. Саеком был назначен заведующим указанным Сектором. Несколько позже это структурное подразделение было преобразовано в Отдел экологической геохимии (приказом по ИМГРЭ № 68 от 7 апреля 1980 г. Ю.Е. Саеком назначается исполняющим обязанности заведующего этого Отдела, а 18 декабря 1980 г. Ученый совет ИМГРЭ официально утвердил его в этой должности). В 1987 г. Отдел экологической геохимии был упразднен и на его базе в ИМГРЭ было создано самостоятельное структурное подразделение – Лаборатория геохимии окружающей среды (которая в обиходе – и даже в официальных бумагах – часто называлась Лабораторией экологической геохимии). Приказом по Институту № 54 от 25 февраля 1987 г. Ю.Е. Саеком был назначен заведующим этой Лаборатории.

Уже на начальных этапах геохимических исследований процессов загрязнения окружающей среды ярко проявились исследовательский талант и организаторские способности Ю.Е. Саета. К середине 1980-х гг. он сумел тематически и идейно сплотить комплексный коллектив специалистов (более 60 человек из различных подразделений ИМГРЭ и его экспедиций, в которых Сает был, как правило, научным руководителем работ эколога-геохимической направленности) разного профиля (геологи, геохимики, геофизики, географы, почвоведы, ландшафтоведы, геоморфологи, химики-аналитики, гигиенисты, технологи, экономисты и др.), разработать ряд взаимосвязанных научно-исследовательских, научно-методических и прикладных программ, а также организовать на их основе экспедиционные работы в различных регионах быв. СССР (в Москве и Московской области, в промышленно-урбанизированных и сельскохозяйственных районах Армении, Украины, Казахстана, Латвии, Литвы, Эстонии, в городах и районах Архангельской, Брянской, Курской, Рязанской, Самарской, Саратовской, Тверской, Ярославской областей, в Краснодарском и Ставропольском краях, в Кабардино-Балкарии, Карачаево-Черкесии, Северной Осетии, Татарстане, Удмуртии и др.). Эколога-геохимические исследования оказались чрезвычайно эффективными для выявления, изучения и оценки экологических ситуаций, сложившихся в уникальных по своему экологическому и практическому значению регионах. Так, работы, выполненные в курортных зонах Крыма, Черноморского побережья Кавказа, Кавказских Минеральных Вод, позволили выявить источники техногенного загрязнения окружающей среды этих уникальных районов (Анапа, Геленджик, Дагомыс, Мацеста, Новороссийск, Сочи, Ялта и др.), грязевых курортов (озеро Саки, озеро Тамбуканское), источников и месторождений минеральных вод (Ессентуки, Кисловодск, Пятигорск и др.). Важное направление в эколога-геохимических исследованиях имели работы, связанные с изучением и оценкой экологических ситуаций, обусловленных загрязнением окружающей среды ртутью (в Ереване, Клину, Никитовке, Полтаве, Смоленске и др.). В 1986–1988 гг. в бассейне р. Нуры (Центральный Казахстан) была выявлена и детально изучена уникальная ртутная техногенная биогеохимическая провинция, формирование которой обусловлено влиянием химического завода, расположенного в г. Темиртау. В существенной мере столь обширная география и масштабность эколога-геохимических исследований и изысканий объяснялась, прежде всего, их прикладной направленностью, поскольку многие из них выполнялись не только в рамках ОНТП ГКНТ Совета министров СССР и «текущих» программ Министерства геологии СССР, но и на основании специальных заданий и поручений Мингео СССР, других министерств и ведомств быв. СССР, постановлений и распоряжений органов исполнительной власти разных уровней. Научные исследования активно осуществлялись также в рамках распространенных в то время договоров о научном сотрудничестве с различными институтами АН СССР и союзных Академий наук, отраслевыми институтами Мингео СССР, институтами и организациями Минздрава СССР, МСХ СССР, с КГБ СССР и др.

Необходимо отметить, что в СССР практически до конца 1980-х гг. существовала, многолетняя, если можно так сказать, традиция закрытости экологической информации (в современном массовом понимании этого термина) и – нередко – даже секретности всех сведений, относящихся к загрязнению окружающей среды. Так, в 1970–1980-х гг. диссертации на соответствующую тему защищались, как правило, под грифом конфиденциальности «для служебного пользования», а публикации в «открытой печати» допускались только лишь при их полной «обезли-

ченности» с точки зрения пространственной привязки (например, «исследования были выполнены в зоне влияния города, расположенного в Западной Сибири» и т. п.), при использовании условных единиц содержания загрязняющих веществ и т. д. Все это, безусловно, не только снижало научную и просто информационную ценность публикаций, но и публикационную активность первых советских экогеохимиков. Тем не менее, даже в таких условиях, Ю.Е. Саэт пытался найти различные формы донесения полученных результатов до максимально широкого круга специалистов. Прежде всего, особое внимание уделялось, по вполне понятным причинам, вопросам разработки методики геохимического изучения и оценки состояния окружающей среды и подготовке соответствующих методических рекомендаций (в то время различные варианты методических рекомендаций являлись основным видом публикаций многих отраслевых НИИ, включая ИМГРЭ). В 1982 г. в ИМГРЭ издаются три выпуска Методических рекомендаций по геохимическим методам оценки загрязнения окружающей среды, основанные на оригинальном фактическом материале. В первом выпуске Рекомендаций впервые были обобщены материалы по особенностям образования, состава и морфологии техногенных геохимических ореолов в городах, по методам их выявления и оценки [2]. Второй выпуск Рекомендаций посвящен общей эколого-геохимической оценке содержания химических элементов в окружающей среде, геохимической характеристике основных источников ее загрязнения и методике их изучения [7]. В третьем выпуске Рекомендаций дается геохимическая характеристика техногенных потоков рассеяния химических элементов в поверхностных водотоках, обосновывается и описывается методика их изучения [6]. В 1985 г. издаются Методические рекомендации по геохимической оценке состояния поверхностных вод [12], в которых изложены задачи, методические приемы и особенности организации детальных геохимических и гидрохимических исследований, позволяющих дать количественную оценку состояния поверхностных водотоков. В 1986 г. выходят в свет Методические рекомендации, посвященные геохимическому анализу загрязнения окружающей среды в горнорудных районах [10]. В них сформулированы задачи, требования и обоснована методика эколого-геохимического изучения месторождения на основных стадиях геологоразведочных работ с целью разработки комплекса природоохранных мероприятий и экологически безопасного землепользования при проектировании вновь создаваемых предприятий, а также при оценке и контроле состояния окружающей среды на действующих горно-обогатительных комбинатах. Особое внимание во всех выпусках Рекомендаций уделено обоснованию системы геохимических и эколого-геохимических показателей состояния окружающей среды и интенсивности воздействия на нее техногенеза. Рекомендации сыграли важную роль в развертывании в различных регионах нашей страны (особенно в системе Министерства геологии СССР) работ по геохимическому изучению окружающей среды. В частности, в середине 1980-х гг. организациями Мингео СССР масштабные геохимические исследования, прежде всего геохимическое картирование, осуществлялись уже более чем в 40 городах страны. Между прочим, и в настоящее время в литературе довольно часто встречаются ссылки на указанные Рекомендации. В последующие годы Ю.Е. Саэт и его сотрудники (в том числе, в содружестве со специалистами других ведомств и организаций) опубликовали еще несколько методических документов, посвященных вопросам геохимического изучения окружающей среды, оценки влияния химических элементов на здоровье человека, использования полученных результатов в практических целях.

Постоянное внимание Ю.Е. Саеа уделял знакомству с зарубежной и (в то время еще немногочисленной) отечественной литературой, посвященной геохимическому изучению окружающей среды. В структурных подразделениях, которые возглавлял Ю.Е. Саеа и в которых он был научным руководителем, существовало правило: любая новая научная, научно-методическая и прикладная тема и даже небольшое конкретное исследование всегда начинались с подготовки соответствующего информационно-аналитического обзора. Практически каждый производственный и тем более научно-методический отчет содержал детальный обзор доступной отечественной и зарубежной литературы по соответствующей тематике.

В 1982 г. (25 ноября) состоялась защита Ю.Е. Саеа докторской диссертации «Антропогенные геохимические аномалии (особенности, методика изучения и экологическое значение)» [4]. Официальными оппонентами на защите были А.А. Беус, М.А. Глазовская и В.К. Лукашев; ведущая организация – Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского АН СССР. Защита прошла успешно и решением ВАК при Совете министров СССР от 20 мая 1983 г. Ю.Е. Саеау была присвоена ученая степень доктора геолого-минералогических наук.

Главная задача исследований, поставленная Ю.Е. Саеа в докторской диссертации, состояла в всестороннем комплексном анализе условий образования и особенностей техногенных и рудогенных геохимических аномалий, а также геохимическая оценка интенсивности техногенных преобразований с целью разработки и внедрения методов и приемов прикладной геохимии в практику работ по охране окружающей среды от загрязнения химическими элементами и при поисках месторождений полезных ископаемых. Важнейшие результаты исследований, изложенные в диссертации, сводятся к следующим основным положениям.

1. При изучении техногенного загрязнения окружающей среды эффективно применение модернизированного комплекса геохимических методов, разработанных для поисков месторождений полезных ископаемых. Использование геохимических методов позволяет перейти от разрозненной фиксации отдельных фактов к комплексной характеристике цельной картины состояния окружающей среды с оценкой источников ее загрязнения и пространственной структуры зон их воздействия. Это дает возможность получить фундаментальный фактический материал для разработки комплексных программ практических мероприятий по управлению состоянием окружающей среды и источниками ее преобразования.

2. Техногенное воздействие является мощным полиэлементным источником загрязнения окружающей среды, типоморфным по составу для различных типов производственной деятельности, но специфичным по особенностям для конкретных источников. Средний уровень современного поступления абсолютных масс химических элементов в окружающую среду для всех видов воздействия в промышленно-урбанизированных районах многократно выше, чем от природных источников на тех же территориях. Сопоставление объемов поступления химических элементов в биосферу для территорий близкого размера (рудное поле – промышленный город) свидетельствует, что техногенные потоки вещества значительно (на один-два порядка) мощнее рудогенных. Относительная нагрузка химических элементов на среду обитания в урбанизированных зонах наиболее велика при воздействии атмосферных выбросов промышленных производств и использования отходов как удобрений.

3. Рудогенные геохимические аномалии характеризуют природные экстремальные экологические ситуации, возникающие сравнительно локально и приуро-

чиваясь к металлогенетическим и биогеохимическим провинциям горнорудных районов. Техногенные геохимические аномалии сконцентрированы в урбанизированных и сельскохозяйственных территориях, т. е. в таких ландшафтах, где природные аномалии обычно отсутствуют, но где проживает большая часть населения. Сравнительный анализ природных (рудогенных) и антропогенных (техногенных) геохимических аномалий позволяет: а) установить критерии их интерпретации при проведении геохимических исследований; б) дать прогноз поведения загрязняющих веществ при их преобразовании в природных условиях. Этим целям служит разработанная модель миграции химических элементов при выветривании первичных ореолов и образования вторичных ореолов для месторождений, перекрытых аллохтонными склоновыми отложениями, а также водно-осадочным, ледниковым или золовым покровом большой мощности.

4. Техногенное воздействие приводит к образованию аномальных геохимических полей, состоящих из серии взаимоувязанных в пространстве ореолов и потоков рассеяния химических элементов, образующих в промышленно-урбанизированных районах сложную геохимическую структуру. Эти геохимические поля характеризуются высокой концентрацией химических элементов, обладающих малым кларком и повышенной экотоксичностью. Они также отличаются высоким уровнем биологического поглощения химических элементов, особенно тяжелых металлов. В конечном итоге в урбанизированных районах формируются специфичные геохимические субрегионы биосферы, которые по интенсивности миграции элементов не уступают и нередко превосходят экстремальные природные геохимические ситуации – биогеохимические провинции рудных районов.

5. Опытнo-производственная апробация разработанных принципов и методов геохимических исследований показала возможность их эффективного практического применения в самых разнообразных направлениях.

Важно отметить, что Ю.Е. Саету и его сотрудникам удавалось организовывать проведение прикладных работ таким образом, что в ходе их решалась не только конкретная практическая задача, но и достигались методические и научные задачи, связанные с установлением особенностей и выявлением закономерностей техногенного геохимического воздействия на окружающую среду. Это послужило основой того, что уже в середине 1980-х гг., наряду с изданием серии Методических рекомендаций, сборников научных статей, других публикаций, стали подводиться – в форме кандидатских диссертаций – конкретные научные и научно-методические итоги эколого-геохимических исследований. Всего под научным руководством Ю.Е. Саета за сравнительно короткий срок было подготовлено и успешно защищено 7 кандидатских диссертаций.

Основные научные и научно-методические итоги начального этапа развития эколого-геохимических исследований наиболее полно систематизированы в книге «Геохимия окружающей среды» [11], широко известной и пользующейся большой популярностью у отечественных исследователей (сейчас ее индекс в национальной библиографической базе данных научного цитирования превышает 1560). В ней обоснованы и показаны возможности геохимических методов при изучении и оценке состояния окружающей среды, приведен эколого-геохимический анализ техногенной миграции химических элементов, описаны и количественно оценены основные источники техногенного загрязнения окружающей среды, миграционные цепи распространения и поведения широкой группы химических элементов и их соединений в природных и техногенных ландшафтах и их основных компонентах,

рассмотрены принципы, методы и результаты биогеохимической и геогигиенической оценок отрицательных последствий загрязнения окружающей среды для здоровья человека. Теоретические основы экологической геохимии, ее основные понятия, объект и предмет, важнейшие исходные положения, цель и задачи изложены в работах [13, 14, 15], в которых показано, что экологическая геохимия – как научная дисциплина – является частью биогеохимии и научно изучает историю химических элементов в биосфере в условиях проявления биогеохимических функций человечества, можно сказать, что экологическая геохимия изучает биогенную миграцию атомов 3-го рода и ее проявления в биосфере. Это определяет предмет и, соответственно, основное содержание экологической геохимии. Важнейшие проявления биогенной миграции атомов 3-го рода могут быть сведены к геохимическим процессам и явлениям, их пространственно-временным отражениям и взаимодействиям в биосфере, включая появление в ней новых (с геохимической точки зрения) геологических тел и образований. Современные масштабы проявления биогенной миграции атомов 3-го рода чрезвычайно велики, что определяет не только увеличение уровней содержания в окружающей среде химических элементов и их соединений («техногенное загрязнение»), но и кардинальное изменение основных физико-химических параметров среды их миграции, вплоть до формирования геохимических обстановок и образований, до недавнего времени в природе не существовавших. Собственно техногенные преобразования захватывают огромные территории, проявляются в коренной трансформации всех компонентов биосферы и представляют собой главный фактор, определяющий экологические особенности многих регионов мира, а в конечном счете и условия существования человека.

К настоящему времени технология эколого-геохимических исследований (в первую очередь прикладных) разработана относительно детально. В общем случае исследовательская схема, во многом обоснованная Ю.Е. Саеком, такова: 1) изучение геохимических ассоциаций, уровней содержания и форм нахождения химических элементов в твердых отходах, выбросах, сточных водах, средствах химизации, выявление источников и путей их поступления в окружающую среду; 2) прослеживание путей, способов и механизмов миграции химических элементов в окружающей среде, установление природных компонентов, взаимодействующих с миграционным потоком; исследование интенсивности и результатов этого взаимодействия; 3) выявление и оценка площади распространения техногенных геохимических аномалий, изучение их качественного состава, установление количественных параметров, морфоструктурных особенностей, пространственного распределения химических элементов, а также центров наиболее интенсивного воздействия, характеризующихся максимальными нагрузками токсичных и(или) биологически активных химических элементов и определяющих контингенты живых организмов с повышенным риском проявления отрицательных реакций; 4) экологическая оценка выявленных техногенных геохимических аномалий и связанных с ними геохимических явлений и техногенных образований; 5) разработка рекомендаций и обоснование мероприятий, направленных на снижение, ликвидацию и предотвращение негативного воздействия человеческой деятельности на окружающую среду. Важнейшими исследовательскими приемами экологической геохимии являются геохимическое картирование и геохимический мониторинг. Картирование осуществляется путем проведения площадных геохимических съемок, основанных на опробовании, как правило, по регулярной сети различных компонентов природной среды (почв, снежного покрова, донных отложений и др.). Мониторинг базируется на по-

вторных, режимных и непрерывных наблюдениях распределения химических элементов, главным образом, в динамичных природных средах (атмосферный воздух, природные воды). Широко используются маршрутные геохимические съемки (геохимическое профилирование), а также специализированные наблюдения с применением адаптированных методов биогеохимии, геохимии ландшафтов, экологии, гигиены и эпидемиологии. Неотъемлемой частью являются химико-аналитические и минералого-геохимические исследования.

За свою недолгую жизнь Ю.Е. Саэт опубликовал более 100 работ (книги, методические рекомендации, статьи, доклады и др.), составил несколько десятков научно-производственных отчетов и (направленных в различные организации) записок-рекомендаций, в 1970–1980-х годах активно участвовал в работе отраслевых семинаров по обмену опытом, консультировал другие проекты геохимической тематики и читал лекции на курсах повышения квалификации геологов-поисковиков территориальных экспедиций Министерства геологии СССР. Он был членом диссертационного совета при ИМГРЭ, Научного совета по проблемам биосферы при Президиуме АН, Междуведомственного совета по охране окружающей среды при Мосгорисполкоме (с февраля 1977 г. включен в состав Совета решением Исполкома Моссовета), Комиссии по охране окружающей среды при Научно-техническом совете Москворецкого районного комитета КПСС, ряда других научных и ученых советов; награжден медалью «За трудовую доблесть», значком «Отличник разведки недр», почетными грамотами Министерства геологии СССР и Центрального комитета Профсоюзов рабочих геологоразведочных работ, грамотой Научно-технического общества «Горное», серебряной медалью ВДНХ СССР. «За выполнение важного задания Мингео СССР» Ю.Е. Саету в 1986 г. присуждена премия Министерства геологии СССР, а в 1991 г. (в составе авторского коллектива) «за разработку и внедрение комплекса геолого-экологических методов исследований, контроля и прогноза состояния природной среды г. Москвы и Московской области» – премия Правительства (Совета Министров) СССР.

У Ю.Е. Саета были большие научные планы, он *по новому* перечитывал труды Вернадского и Ферсмана, думал над созданием специального подразделения по изучению экстремальных геохимических ситуаций, обусловленных как природными, так и техногенными факторами, планировал организовать комплексную эколого-геохимическую экспедицию на Камчатку с целью выяснения биогеохимических реакций живых организмов в условиях природных геохимических аномалий, разрабатывал программу изучения воздействия однотипных горнорудных предприятий на окружающую среду в различных географических зонах – от полярных ландшафтов до полупустынь (на примере Урала), начал работу над книгой «Геохимия города»..., но, увы, судьба распорядилась иначе...

«Есть всегда ученые, которые ярко чувствуют и охватывают эту живую, реальную природу нашей планеты, всю проникнутую вечным биением жизни, и для которых это понимание единой Природы является руководящей нитью всей их научной работы», – эти слова В.И. Вернадского с полным правом можно отнести к горному инженеру-геологу и основоположнику экологической геохимии Юлию Ефимовичу Саету.

Литература

1. Несвижская Н.И., Саэт Ю.Е. Геохимические поиски перекрытых сульфидных месторождений по наложенным ореолам. – М.: ИМГРЭ, 1975.

2. Ревич Б.А., Сает Ю.Е., Смирнова Р.С., Сорокина Е.П. Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территорий городов химическими элементами. – М.: ИМГРЭ, 1982.
3. Сает Ю.Е. Ландшафтно-геохимические основы комплексных поисков эндогенных месторождений бора: Автореф. дис... канд. геол.-мин. наук. – М.: ИМГРЭ, 1968.
4. Сает Ю.Е. Антропогенные геохимические аномалии (особенности, методика изучения и экологическое значение): Автореф. дис... док. геол.-мин. наук. – М., 1982.
5. Сает Ю.Е. Вторичные геохимические ореолы при поисках рудных месторождений. – М.: Наука, 1982.
6. Сает Ю.Е., Алексинская Л.Н., Янин Е.П. Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения поверхностных водотоков химическими элементами. – М.: ИМГРЭ, 1982.
7. Сает Ю.Е., Башаркевич И.Л., Ревич Б.А. Методические рекомендации по геохимической оценке источников загрязнения окружающей среды. М.: – ИМГРЭ, 1982.
8. Сает Ю.Е., Изумнов Н.Я., Несвижская Н.И. Геохимические поиски эндогенных месторождений бора по вторичным ореолам рассеяния. – М.: Наука, 1973.
9. Сает Ю.Е., Несвижская Н.И. Изучение форм нахождения элементов во вторичных ореолах рассеяния. – М.: ВИЭМС, 1974.
10. Сает Ю.Е., Онищенко Т.Л., Янин Е.П. Методические рекомендации по геохимическим исследованиям для оценки воздействия на окружающую среду проектируемых горнодобывающих предприятий (Одобрено Управлением гидрогеологических работ и Управлением цветных и редких металлов Мингео СССР). – М.: ИМГРЭ, 1987.
11. Сает Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П., Смирнова Р.С., Башаркевич И.Л., Онищенко Т.Л., Павлова Л.Н., Трефилова Н.Я., Ачкасов А.И., Саркисян С.Ш. Геохимия окружающей среды. – М.: Недра, 1990.
12. Сает Ю.Е., Янин Е.П. Методические рекомендации по геохимической оценке состояния поверхностных вод (Одобрено Бюро Межведомственного совета по проблеме «Научные основы геохимических методов поисков месторождений полезных ископаемых»). – М.: ИМГРЭ, 1985.
13. Янин Е.П. Введение в экологическую геохимию. – М.: ИМГРЭ, 1999.
14. Янин Е.П. Экологическая геохимия и проблемы биогенной миграции химических элементов 3-го рода // Техногенез и биогеохимическая эволюция таксонов биосферы (Труды Биогеохимической лаборатории, т. 24). – М.: Наука, 2003, с. 37–75.
15. Янин Е.П. Экологическая геохимия // Российская геологическая энциклопедия: В трех томах. Т. 3. – М. – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2012, с. 447.