

Янин Е.П. Начальные этапы развития эколого-геохимических исследований в СССР // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов, 2015, № 11, с. 3–36.

Важнейшей задачей геохимии является детальное познание истории химических элементов, участвующих в геологических процессах, которые, в конечном счете, и определяют состояние биосферы – среды обитания человека. В результате человеческой деятельности скорость и направленность многих процессов изменены или нарушены. Для того чтобы понять, оценить, контролировать и регулировать такие изменения, необходимо изучить их на атомарно-молекулярном уровне. Именно в геохимии, изначально имеющей «экологическую основу» [102], заложены возможности получения научных знаний об этих явлениях, необходимых для обоснования и проведения различных природоохранных мероприятий. В развитии учения о геохимической деятельности человека выдающаяся роль принадлежит В.И. Вернадскому, который показал, что, во-первых, живое вещество (включая человечество) в биосфере играет основную роль и по своей мощности ни с какой геологической силой не может быть сравниваемо; во-вторых, преобразование природы деятельностью человека является в основе своей геохимическим процессом, имеет глобальный характер и есть закономерное явление в геологической истории Земли [16–22]. Способность живых организмов вызывать движение (биогенную миграцию) химических элементов В.И. Вернадский назвал биогеохимическими функциями живого вещества, которые захватывают практически все элементы, распространяются на всю планету, не зависят от территориальных условий и химически отражаются на окружающей организм внешней среде. В качестве особой геологической силы он выделил биогеохимические функции человечества, а в качестве нового для биосферы вида геохимической миграции – биогенную миграцию атомов 3-го рода, которая осуществляется под влиянием человека («его жизни, воли, разума»), является одним из самых «грандиозных геохимических процессов» и «представляет форму организованности первостепенного значения в строении биосферы» [17, с. 231].

Совокупность геохимических и минералогических процессов, вызываемых технической (инженерной, горнотехнической, химической, сельскохозяйственной) деятельностью человека, была позже названа А.Е. Ферсманом [103] техногенезом, а миграция элементов, обусловленная этой деятельностью, получила название «техногенной миграции». Однако, как подчеркивал В.И. Вернадский, биогенная миграция атомов 3-го рода определяется не только *технической* деятельностью человека. Так, с одной стороны, человечество есть часть живого вещества, в связи с чем способно вызывать миграцию химических элементов, связанную с его материальным субстратом, что, между прочим, также может приводить к негативным эколого-гигиеническим последствиям. С другой стороны, говоря словами В.И. Вернадского, здесь мы сталкиваемся с новым фактором – с человеческим сознанием, с научной мыслью, которая выявляется как сила, имеющая небывалое значение в истории биосферы и практически всех химических элементов. «Это явилось следствием мощного развития научной мысли, научного исследования и охваченной наукой техники и труда человеческих обществ» [20, с. 251]. Естествознание и неразрывно с ним связанная техника проявляются в наш век как геологическая сила, резко меняющая биосферу [19]. Как в свое время заметил С.Н. Булгаков, «в науке строятся не только логические модели действительности, но и создаются проекты воздействия на нее» [9, с. 193].

Новая отрасль знания, призванная изучать влияние жизни на геохимические процессы, была названа В.И. Вернадским биогеохимией: «Биогеохимия – новая большая отрасль геохимии... изучает влияние жизни на историю земных химических элементов...; она исследует те перемещения земных атомов – миграции их масс, которые вызываются живы-

ми организмами», биогеохимия «может... рассматриваться... как геохимия биогенных процессов». Основная задача ее – точное количественное и качественное, возможно, полное выявление геохимических функций живого вещества в биосфере. При этом «биогеохимия... может изучаться в трех аспектах: во-первых, с биологической стороны – ее значение для познания явлений жизни; во-вторых, с геологической стороны – ее значение для познания среды жизни, т.е. прежде всего биосферы, и в-третьих, в связи с ее прикладным значением, которое может быть сведено к биогеохимической роли человечества» [19, с. 12–13]. Так были обозначены три важнейших направления геохимического изучения биосферы, которые в настоящее время, по мнению автора этих строк, оформились в самостоятельные научные дисциплины. Это геохимическая экология [35, 41], геохимия ландшафта [58, 62] и экологическая геохимия [116, 117, 119, 122], обладающие признаками, определяющими существование самостоятельной научной дисциплины: они имеют достаточно четкое содержание, собственные предмет, методику исследований и терминологию, в той или иной мере характеризуются системностью знаний, что отражается наличием научных фактов, понятий и обобщений. Как подчеркивал С.Л. Франк [104], предмет исследования вновь возникающей науки может быть определенным, т. е. уже ранее (частично) познанным («психологически это есть преобладающий случай в нашем познании»). Исторически сложилось так, что именно В.И. Вернадским была обозначена важнейшая научная проблема современности – биогеохимическая роль человечества, разрешением которой, по его мнению, должен был заниматься особый раздел биогеохимии, уже в наши дни оформившийся в самостоятельную научную дисциплину – экологическую геохимию, которая научно изучает историю химических элементов в биосфере в условиях проявления биогеохимических функций человечества. Поскольку геохимическая «история... элементов... может быть всегда сведена к их... миграциям» [16, с. 43], то можно сказать, что экологическая геохимия изучает биогенную миграцию атомов 3-го рода и ее проявления в биосфере. Таким образом, биогенная миграция атомов 3-го рода (ее можно назвать антропогенной геохимической миграцией), идущая в биосфере под влиянием жизни, воли, разума человека, является предметом исследования экологической геохимии [124–126].

В настоящее время в различных районах России и сопредельных регионах выполняются «эколого-геохимические исследования», проводятся «эколого-геохимические оценки» и «эколого-геохимическое картирование»; в университетах и вузах России читаются специализированные курсы «Экологическая геохимия» и действует магистерская программа по специализации 511015 «Экологическая геохимия»; в научных организациях существуют лаборатории экологической геохимии, защищаются диссертации и издаются учебные и методические пособия, книги, сборники научных трудов, справочники с таким названием. Экогеохимии отводится важное место в структуре современных системных направлений изучения биосферы и природных комплексов [35]. Как отметил В.И. Вернадский, «область знания, по тем или иным причинам вызвавшая к себе особый интерес, требующая долгого ознакомления с обширной специальной литературой, трудной и медленной предварительной подготовки, обладающая специальными своеобразными методами или приемами работы, выделяется... в особую науку. В этой науке создаются специалисты, она получает особое название» [23, с. 136].

Целенаправленное практическое применение методов и приемов геохимии для изучения техногенного воздействия на окружающую среду началось в конце 1960-х – начале 1970-х гг. За рубежом исследования геохимического преобразования биосферы («загрязнения окружающей среды») в результате деятельности человека, осуществляемые в это время, связаны с именами Дж. Боулса, Р.Р. Брукса, Дж. Вуда, Е. Гольдберга, А. Гордона, Е. Горхема, Г. Каннона, Ф. Корте, Дж. Лагерверффа, К. Паттерсона, Д. Пурвиса, И. Торнтонна, Х. Уоррена, Д. Уэбба, У. Ферстнера, Дж. Фортескью, Ф. Ханта, Х.Е. Хокса, Т. Хюги и др., в быв. СССР – А.А. Беуса, Л.Г. Бондарева, А.П. Виноградова, М.А. Глазовской, Л.И. Грабовской, В.В. Добровольского, В.В. Ковальского, В.А. Ковды, К.И. Лукашева, Н.В. Тихоновой, А.И. Перельмана и др. В этот период исследования феномена техногенеза

(техногенного загрязнения), основанные на применении геохимических методов и использовании геохимических данных, если судить по доступным публикациям, осуществлялись в рамках: а) изучения глобальных и региональных геохимических циклов наиболее важных химических элементов и токсичных веществ в биосфере и оценки их нарушения в результате деятельности человека [6, 7, 33, 141–143], б) химии окружающей среды (экологической химии), целью которой является изучение изменений вещества в окружающей среде и прогноз возможных последствий таких изменений [105, 128], в) экотоксикологии, призванной изучать эффекты воздействия токсичных веществ и других химических факторов на биологические объекты окружающей среды, экосистемы в целом и их круговорот в биосфере, в особенности в пищевых цепях [42], г) геохимической экологии, изучающей взаимодействие организмов и их сообществ с геохимической средой в биосфере, а также организмов между собой в условиях популяций, биоценозов, биогеохимических провинций и зон как структурных частей единой целой экосистемы – биосферы [35, 41], д) геохимии ландшафта, изучающей химический состав и миграцию химических элементов в ландшафте [58, 60], е) поисковой геохимии, прежде всего, при оценке влияния на окружающую среду объектов горнопромышленной деятельности [44, 106, 129, 130]. Особо следует отметить работы, выполненные в Великобритании в первой половине 1970-х гг., когда группой по прикладным геохимическим исследованиям Королевского колледжа (Лондон) при участии Геологической службы страны был завершен уникальный проект – геохимическая съемка донных отложений водотоков всей страны, позволившая составить серию геохимических карт Англии, Северной Ирландии, Уэльса, Шотландии [131, 132, 136, 137, 140]. Итоги работ показали, что геохимическое картирование является важнейшим инструментом изучения окружающей среды, поскольку полученная информация находит широкое применение. Исследованиями был установлен ряд эмпирических зависимостей между болезнью людей и распределением химических элементов в окружающей среде [139]. В сущности, в ходе этих исследований формулируется понятие «геохимия окружающей среды» («Environmental Geochemistry») [138]. В начале 1970-х гг. геохимическое картирование крупных территорий, основанное на отборе почв и донных отложений, проводилось также в ряде других стран (ЮАР, Китай и др.) [123]. Получаемая геохимическая информация использовалась не только для оценочно-поисковых целей, но также в агрономии, ветеринарии и экологии, для оценки техногенного загрязнения в горнорудных районах. Нельзя также не отметить работы Д. Пурвиса [133, 134], в которых с геохимической точки зрения на конкретных примерах рассматривается и анализируется локальное загрязнение окружающей среды, в том числе в пределах городов.

В быв. СССР в конце 1960-х – первой половине 1970-х гг. для практического развития геохимического изучения процессов техногенного загрязнения окружающей среды важное значение имели теоретические и научно-методические разработки М.А. Глазовской [27–29] и А.И. Перельмана [56–60], а также работы других авторов, в которых с геохимической точки зрения рассматривались отдельные аспекты указанной проблемы [8, 15, 25, 26, 34, 101]. Надо отметить, что еще в 1957 г. академик А.П. Виноградов использовал термин «химическая экология», а В.В. Ковальский в том же году сформулировал понятие «геохимическая экология» [107]. По настоящему масштабное и целенаправленное практическое использование геохимических методов для целей изучения загрязнения окружающей среды, оценки ее состояния и разработки природоохранных мероприятий на основе получаемой геохимической информации в нашей стране началось в Институте минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов Министерства геологии СССР и АН СССР (ИМГРЭ) [40, 118, 126]. В 1976 г. у руководства одной из геохимических партий (начальник партии – Э.К. Буренков, главный геолог – Ю.Е. Саэт) Центральной геохимической экспедиции (ЦГЭ) ИМГРЭ родилась идея использовать геохимические методы, применяемые при поисках месторождений полезных ископаемых (прежде всего, геохимическое картирование), для выявления зон техногенного загрязнения в пределах г. Москвы. Она нашла поддержку у руководства ЦГЭ (начальник А.А. Гармаш, главный геолог И.Н.

Резников, главный инженер Г.А. Фридман) и у ИМГРЭ (директор Л.Н. Овчинников, зам. директора С.В. Григорян). В июне 1976 г. в ЦГЭ была создана специальная опытно-методическая геохимическая партия – ОМГП-5 (начальником ее стал Ю.Е. Саэт, затем долгое время партию возглавляла Л.Н. Алексинская), задачами которой и стали организация и осуществление прикладных геохимических исследований окружающей среды в пределах одного из крупнейших в мире мегаполисов – Москвы и ее ближайшего окружения. Первое геохимическое картирование (почвенный и снежный покровы) было выполнено на территории Кунцевского района, а затем на территории всей столицы [12].

Любопытно отметить, что начало геохимических исследований процессов загрязнения окружающей среды, организованных в ЦГЭ ИМГРЭ, отчасти совпало с выходом в свет книги «Геохимия окружающей среды» [4], авторами которой являлись А.А. Беус, Л.И. Грабовская и Н.В. Тихонова, имеющие непосредственное отношение к «большому» ИМГРЭ. Так, известный советский геохимик и минералог, доктор геолого-минералогических наук, профессор А.А. Беус (1923–1994), в честь которого назван новый минерал беусит, в 1953–1956 гг. – ученый секретарь ЛАМГРЭ (Лаборатория по минералогии и геохимии редких элементов АН СССР, преобразованная в 1956 г. в ИМГРЭ), в 1956–1966 гг. заведовал отделом геохимии ИМГРЭ, работал техническим советником ООН по геологическим поискам, затем в Институте литосферы АН СССР, был членом (1970–80-е гг.) Специализированного совета ИМГРЭ. Биогеохимик Л.И. Грабовская работала в ЦГЭ ИМГРЭ, она – автор книг и статей, посвященных биогеохимическим и геоботаническим исследованиям при поисках рудных месторождений. Гидрохимик Н.В. Тихонова также была (до 1972 г) сотрудником ЦГЭ ИМГРЭ, начальником Кольского отряда. В указанной книге рассматриваются геохимические особенности загрязнения атмосферы, природных вод и почв химическими элементами и их соединениями, а также возможности использования геохимических методов для выявления зон техногенного загрязнения (техногенных геохимических аномалий). Прямой связи между указанной книгой (она была подписана в печать в июне 1976 г.) и началом эколого-геохимических исследований в ЦГЭ ИМГРЭ нет, но факт этот, свидетельствующий о внимании хотя бы отдельных сотрудников «большого» ИМГРЭ к проблемам геохимии окружающей среды, сам по себе примечателен. Более того, А.И. Перельман в свое время отметил [61], что возникновение эколого-геохимических исследований именно в ИМГРЭ – закономерное явление. Так, одним из важнейших направлений исследований научного коллектива ИМГРЭ и его экспедиций являлось изучение процессов рудообразования и преобразования месторождений полезных ископаемых, на основе чего разрабатывались научные основы геохимических методов их поисков. В основе теории геохимических методов поисков лежит концепция, рассматривающая процесс образования рудных месторождений как единственно возможный переход химических элементов от их изначально рассеянного состояния в земной коре и мантии к концентрированному состоянию с многоступенчатой дифференциацией, приводящей к образованию первичных геохимических ореолов. В свою очередь, возникновение вторичных геохимических ореолов и потоков рассеяния, связанное с разрушением месторождений и их первичных ореолов, является единственно возможным обратным процессом – переходом, также дифференцированным, от концентрирования химических элементов к их рассеянию. Эта концепция и была положена в основу применения геохимических методов для изучения техногенного загрязнения. Известно, что в ходе распространения химических элементов, поступающих от техногенных источников, в окружающей среде (ее компонентах) образуются геохимические аномалии (зоны техногенного загрязнения), являющиеся своеобразными аналогами вторичных ореолов и потоков рассеяния, формирующихся вблизи рудных месторождений. Это позволило применить для выявления и последующего картографирования зон загрязнения окружающей среды (техногенных геохимических аномалий) методы геохимии, апробированные при поисках месторождений полезных ископаемых и геолого-съёмочных работах (геохимические съёмки и

геохимическое картирование). Значение имел и тот факт, что ИМГРЭ и его экспедиции располагали мощной (и одной из лучших для того времени) химико-аналитической базой.

Первые результаты исследований (геохимические карты) были представлены в Министерство геологии СССР, в Управление научно-исследовательских организаций, которое (с 1972 по 1983 г.) возглавлял член-корреспондент АН СССР Н.П. Лаверов (тогда член коллегии Мингео СССР, с 1887 г. – академик, в 1988–2013 гг. – вице-президент АН СССР и затем РАН). Есть сведения, что именно Н.П. Лаверов предложил ознакомить с этими материалами (эколого-геохимическими картами) председателя Исполнительного комитета Московского городского Совета народных депутатов В.Ф. Промыслова [30]. При содействии начальника Технического управления Мосгорисполкома (в сферу Управления входили проблемы и вопросы городской научно-технической политики) М.Г. Басса состоялась встреча Э.К. Буренкова, Н.П. Лаверова и Ю.Е. Саета с В.Ф. Промысловым, на которой геохимические работы по оценке состояния окружающей среды г. Москвы получили «высокую» оценку. Это, во-первых, позволило сохранить в Москве ЦГЭ ИМГРЭ. Дело в том, что (сообщение Б.А. Ревича) еще в 1969 г. было принято решение Исполкома Моссовета о выводе из Москвы ряда «непрофильных» (для города) предприятий и организаций, среди которых фигурировала и ЦГЭ ИМГРЭ. В 1978 г. вместо ЦГЭ ИМГРЭ появилась «новая» организация – Московская опытно-методическая геохимическая экспедиция (МОМГЭ) ИМГРЭ (начальником ее стал Э.К. Буренков), а в пос. Нижний Бирагзанг (Алагирский район Северо-Осетинской АССР) была организована Центральная опытно-методическая партия ИМГРЭ, которая в декабре 1981 г. получила статус Центральной опытно-методической геохимической экспедиции (ЦОМГЭ) ИМГРЭ. Во-вторых, геохимические исследования, проводимые ИМГРЭ и его экспедициями, особенно в 1978–1988 гг., получили организационную поддержку со стороны Исполкома Моссовета (их курировал зам. председателя Исполкома Моссовета В.И. Коновалов) и его Технического управления (начальник М.Г. Басс, главные специалисты А.В. Давыдов и Б.С. Козырицкий). Любопытно, что в журнале Исполкома Моссовета «Городское хозяйство Москвы» (1978, № 8) в статье зам. председателя Исполкома Моссовета В.И. Коновалова сказано (с. 39), что **«в 1976 г. по поручению Исполкома Моссовета»** (выделено мною – Е.Я.) Институт минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов приступил к исследованию загрязнения химическими элементами окружающей среды Москвы и лесопаркового защитного пояса». В этом же номере журнала в одной из первых статей, посвященных применению геохимических методов для изучения загрязнения территории Москвы, ее авторы – руководители ИМГРЭ и МОМГЭ – вполне осознанно и по понятной причине отдают «пальму первенства» в деле организации эколого-геохимических изысканий Исполкому Моссовета: «По инициативе Исполкома Моссовета Институт минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов... начал проводить прикладные геохимические исследования территорий столицы» [55, с. 41]. Фраза о том, что «ИМГРЭ в 1976 г. по поручению (варианты: по инициативе, по решению) Исполкома Моссовета приступил к исследованию загрязнения...» отныне станет «хрестоматийной», даже несмотря на то, что инициатива геохимических исследований территории г. Москвы исходила от вполне конкретных лиц, первые работы были выполнены уже в 1976 г., а первые решения Исполкома Моссовета «о внедрении геохимических методов исследования окружающей среды Москвы» относятся к началу 1978 г.

В 1978–1982 гг. (как следствие указанной выше встречи и дополнительных усилий инициаторов эколого-геохимических работ) Исполкомом Моссовета и Бюро МГК КПСС, Министерством геологии СССР, Госпланом СССР, ГКНТ СМ СССР, Советом министров РСФСР, АН СССР были приняты различные решения и постановления, сыгравшие важную роль в масштабном внедрении геохимических методов в практику работ по оценке техногенного загрязнения и состояния окружающей среды г. Москвы и Московской области, а затем и других регионов страны. Уже в 1979 г. решением коллегии Мингео СССР за ИМГРЭ было закреплено – как новое научное направление – развитие геохимических

исследований, связанных с решением проблем охраны окружающей среды. Эти исследования, носящие выраженный прикладной характер и направленные на разработку геохимических методов выявления зон техногенного загрязнения и оценки состояния окружающей среды, сыграли первостепенную роль в развитии эколого-геохимических работ в быв. СССР. В сущности, именно с этими исследованиями связан начальный (1976–1988 гг.) этап становления эколого-геохимических исследований в быв. СССР [1, 14, 118, 135].

Среди указанных выше решений и постановлений назовем следующие:

- Решение Исполкома Моссовета «Об организации геохимических исследований загрязнения Москворецкого источника водоснабжения г. Москвы» от 14.02.1978 г. № 476;

- Решение Московского межведомственного научно-технического совета по охране окружающей среды «о необходимости усиления охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов в г. Москве и ЛПЗП» (лесопарковом защитном поясе) от 15.07.1979 г.;

- Решение Исполкома Моссовета «О дальнейшем внедрении геохимических методов исследования при изучении окружающей среды г. Москвы и лесопаркового защитного пояса» от 14.04.1980 г. № 932;

- Поручение Управления научно-исследовательских работ Мингео СССР от 30.04.1980 г. № 18-27 «Об организации геохимических работ по окружающей среде»;

- Решение Исполкома Моссовета от 3.02.1981 г. «Схема развития внешних источников водоснабжения г. Москвы до 2020 г.»;

- Постановление бюро МГК КПСС и Исполкома Моссовета от 18.06.1981 г. № 2158 «О плане мероприятий по природоохранным работам в г. Москве на 1981–1985 гг.» (задание «Провести комплексное изучение и составить геохимические карты загрязнения г. Москвы токсичными химическими элементами и их соединениями»);

- Постановление МГК КПСС и Исполкома Моссовета от 8.07.1981 г. № 2538 «О разработке генеральной схемы очистки г. Москвы от промышленных отходов»;

- План научно-исследовательских работ на 1981–1985 гг. по созданию и совершенствованию методологических основ управления в области охраны природы, утвержденный постановлением ГКНТ СССР от 19.11.1981 г. № 440 «О разработке методики и составлении территориальной комплексной схемы (ТКС) охраны природы на примере г. Москвы»;

- Рекомендации 20-й Московской городской конференции МГК КПСС, Мосгорисполкома, Госкомгидромета за 1982 г. («Продолжить систематическое изучение загрязнения окружающей среды г. Москвы, ЛПЗП, в районах свалок и полигонов по захоронению отходов»);

- Постановление Совета Министров РСФСР от 19.11.1984 г. № 480 «О разработке территориальной комплексной схемы охраны природы г. Москвы»;

- Приказ Мингео СССР от 13.12.1985 г. № 616 «Об упорядочении и координировании геологических исследований на территории г. Москвы и ЛПЗ»;

- Решение Исполкома Моссовета от 30.01.1986 г. № 188 «О комплексном плане охраны окружающей среды рационального использования водных ресурсов в г. Москве на 1986–1990 г.»;

- Координационный план АН СССР, ГКНТ СМ СССР, Госплана СССР на 1986–1990 г. по проблеме «Прогнозная экономическая оценка обеспеченности народного хозяйства СССР природными ресурсами на период 1991–2010 г.» (Раздел «Оценка накопления и использования вторичных ресурсов в народном хозяйстве Московской области»);

- Письмо Исполкома Моссовета от 20.03.1987 г. № 4-14/320 и предписание Мингео СССР от 6.04.1987 г. «О разработке в 1987–1988 г. генерального плана развития Москвы и Московской области на период до 2010 г.» (Задание «Провести геохимическое картирование ЛПЗП с целью выявления очагов повышенного содержания химических элементов в почве»);

- Письмо Мособлисполкома от 24.04.1987 г. № 7-НС-302 и предписание Мингео СССР от 12.06.1987 г. № 18-05/470 «Об обеспечении силами Мингео СССР разработки

разделов генпланов Московской области» (Раздел «Концепция, анализ и варианты прогноза геохимического состояния окружающей среды Московской области»);

- Решение Исполкомов Моссовета и Мособлсовета народных депутатов от 6.09.1988 г. № 1890-1216 «Об утверждении схемы санитарной очистки г. Москвы, городов и рабочих поселков Московской области от твердых бытовых отходов до 2000 г.».

В 1977 г. (3 мая) непосредственно в структуре ИМГРЭ организуется Сектор геохимии окружающей среды (его возглавил Ю.Е. Саэт, первые сотрудники – Е.Б. Агальцова-Евтеева, О.Г. Григорьева-Кулачкова, Е.П. Сорокина, Н.Б. Янишевская), осенью этого же года в составе БГГЭ ИМГРЭ (Бронницкая геолого-геохимическая экспедиция; начальник С.Ю. Пукарев) была сформирована Лаборатория агрогеохимии почв (начальник С.П. Бундин, первые сотрудники – А.И. Ачкасов, Н.Я. Трефилова, Е.П. Янин). С 1982 г. работы эколого-геохимической тематики, главным образом в пределах Северной Осетии и Кавказских минеральных вод, начали выполняться специальной партией (начальник И.В. Токарев, первые сотрудники – Г.А. Тимошкин, Б. Николова) ЦОМГЭ ИМГРЭ (начальник Б.Н. Ачеев). Уже в 1976–1979 гг. сотрудниками «большого» ИМГРЭ (особенно МОМГЭ) был выполнен значительный объем прикладных и научно-методических исследований в пределах г. Москвы и Московской области (табл. 1).

Таблица 1

Эколого-геохимические работы 1976–1979 гг. в Московском регионе [1]

Год	Содержание выполненных работ
1976–1979	Геохимическое картирование почв и снежного покрова* на всей территории г. Москвы по сети 1 x 1 км
1976–1977	Геохимическое картирование почв по сети 200 x 200 м и снежного покрова по сети 200–400 x 200 м на территории Кунцевского района г. Москвы
1977–1979	Геохимическое картирование почв по сети 200 x 200 м и снежного покрова по сети 200–400+200 м на территории Бауманского района г. Москвы
1977–1979	Геохимическое картирование почв по сети 200 x 200 м и снежного покрова по сети 200–400 x 200 м на территории Перовского района г. Москвы
1978–1979	Геохимическое картирование почв по сети 200 x 200 м и снежного покрова по сети 200–400+200 м на территории Москворецкого района г. Москвы
1978–1979	Геохимическое картирование почв и снежного покрова по сети 100 x 100 м территории лесопарка Лосиный остров
1976–1978	Площадное биогеохимическое опробование 12 видов древесных насаждений и трав на территории г. Москвы
1977–1979	Начаты работы по изучению состава грунтовых вод (151 скважина) на территории г. Москвы
1976–1978	В 5 хозяйствах Московской области выполнены исследования химического состава основных видов сельхозпродукции при использовании в качестве удобрений компостов ТБО и осадков полей фильтрации
1978–1979	Литохимическая съемка по донным отложениям с шагом 500 м реки Москве – от ее истока до устья; режимные гидрохимические наблюдения на опорных створах (Москворецкий источник водоснабжения)
1977	Начаты комплексные эколого-геохимические исследования в пределах бассейна р. Пахры
1978	В Московской области начаты исследования химического состава сельскохозяйственных растений при внесении в почвы различных видов удобрений
1978	В Московской области начаты исследования химического состава сельскохозяйственных растений в зонах влияния выбросов от различных типов производств
1978	Начаты исследования химического состава отходов основных предприятий г. Москвы (212 предприятий в 30 районах города)
1979	Начаты исследования химического состава осадков городских очистных сооружений поверхностного стока (8 очистных сооружений в 7 районах города)
1976–1977	Выполнено геохимическое картирование (почвенный и снежный покровы) в целом ряде городов Московской области (Подольск, Львовский, Домодедово, Апрелевка и др.)

* Исследовалась преимущественно пыль, осаждаемая со снегом, хотя в ряде случаев изучался и химический состав жидкой фазы снега.

Как правило, практически каждая прикладная работа или методическая тема заканчивались объемными отчетами с многочисленными геохимическими картами и схемами (подавляющая часть отчетов имела гриф «Для служебного пользования», некоторые – гриф «Секретно», поскольку таков был порядок тех лет в отношении подобных работ и исследований), а также записками-рекомендациями, составленными на основе полученных результатов, которые направлялись в различные государственные органы власти и организации для практического использования. Надо заметить, что все «производственные» отчеты содержали не только «практические» результаты, но и соответствующие разделы, в которых рассматривались методические и научные вопросы использования геохимических методов в целях изучения техногенного загрязнения окружающей среды. Отчеты были насыщены оригинальным фактическим материалом, характеризующим распределение и поведение широкой группы химических элементов в различных компонентах окружающей среды в зонах влияния разнообразных источников загрязнения, что само по себе имело особую ценность.

Главным идеологом практического внедрения геохимических методов для целей изучения техногенного загрязнения окружающей среды, а затем лидером и создателем эколого-геохимического направления был доктор геол.-мин. наук Ю.Е. Саэт, который



Юлий Ефимович Саэт
(9 октября 1934 – 9 июля 1988)

сперва возглавлял в ЦГЭ ИМГРЭ специализированную «эколого-геохимическую» партию, затем уже в ИМГРЭ – Сектор геохимии окружающей среды (с 1977 г.), Отдел экологической геохимии (с 1980 г.), Лабораторию экологической геохимии (с 1987 г.), являлся научным руководителем всех исследований и прикладных работ эколого-геохимической тематики, выполнявшихся в различных подразделениях «большого» ИМГРЭ. В «Характеристике Ю.Е. Саэта» (хранится в архиве автора этих строк), датированной 6 января 1987 г. и подписанной директором ИМГРЭ Э.К. Буренковым, секретарем партбюро В.В. Бурковым и председателем профкома В.С. Вороновым, однозначно сказано, что «в 1976 г. Ю.Е. Саэтом были организованы и начаты работы по экологической геохимии».

Ю.Е. Саэт в 1957 г. окончил знаменитый Московский институт цветных металлов и золота им. М.И. Калинина (кафедра профессора В.И. Крейтера, которого называл своим учителем), получил профессию «горный инженер-геолог» (специализация – «поиски и разведка рудных месторождений»). С 1957 по 1977 г. Ю.Е. Саэт работал в ЦГЭ ИМГРЭ в должностях младшего геолога, геолога, начальника отряда, старшего и главного геолога партии, начальника партии. В 1957–1960 гг. он участвовал в прогнозно-поисковых и оценочных работах на редкометальное оруденение в щелочных массивах юга Красноярского края. В 1960–1968 гг. Ю.Е. Саэт руководил и лично участвовал в исследованиях по разработке и апробации методики поисков эндогенных месторождений бора по вторичным ореолам и потокам рассеяния. В результате изучения практически всех известных в СССР борных месторождений этого генетического типа, им было разработано методическое руководство по геохимическим методам поисков бора и дана прогнозная оценка на борное сырье различных регионов СССР, в 1968 г. защищена кандидатская диссертация

[71], а в 1973 г. опубликована монография [81]. Отметим, что в основу поведенных работ были положены два принципа, которые впоследствии широко использовались Ю.Е. Сае- том при внедрении геохимических методов для изучения зон загрязнения и оценки со- стояния окружающей среды: во-первых, ландшафтно-геохимический метод исследования, т. е. сопряженное изучение и анализ миграции бора (и других элементов-индикаторов) в основных компонентах ландшафта – рудах, горных породах, корках выветривания, почвах, растениях, водах; во-вторых, статистический метод сбора и анализа материала. Районы работ выбирались так, чтобы были изучены все наиболее перспективные для поисков эн- догенных месторождений бора регионы, расположенные на Дальнем Востоке, в Восточ- ном Забайкалье и Прибайкалье, в Горной Шории, Северном Казахстане, Северном Кавка- зе и Средней Азии. Показательно, что в указанной книге приводятся примеры распре- деления бора (геохимические аномалии бора в почвах и растениях) на участках, подвержен- ных «искусственному заражению местности».

Значителен вклад Ю.Е. Саета в совершенствование геохимических методов поиска перекрытых рудных месторождений. В 1968–1976 гг. им были организованы исследова- ния по изучению распределения металлов и других химических элементов на безрудных участках (в фоновых условиях) и в пределах рудогенных аномалий различного типа. Важ- нейшие итоги своих исследований по этой тематике подведены Ю.Е. Сае- том в хорошо из- вестной многим специалистам монографии [73], фактической основой которой явились результаты методических исследований и опытно-производственных работ на 20 место- рождениях и большом количестве поисковых участков (медноколчеданные месторожде- ния Северных Мугоджар, свинцово-цинковые месторождения Центрального Казахстана, меднопорфировые месторождения Прибалхашья, полиметаллические месторождения Рудного Алтая, свинцовые месторождения Закарпатья, медно-никелевое месторождение на Кольском полуострове, Уксинское редкометалльно-сульфидное месторождение в Каре- лии). Для проведения работ по данному проекту Ю.Е. Сае- том был организован коллектив из 20-ти инженеров и техников (не считая практикантов и рабочих), среди которых были геологи, геохимики, почвоведы, геоботаники, гидрогеологи, химики-аналитики. Однове- менно были созданы стационарная и полевая лаборатории по изучению распределения химических элементов и форм их нахождения в почвах и водах, основанные на использо- вании в основном химических методов анализа. В сущности, аналогичные организацион- ные подходы, но в более широком масштабе были использованы Ю.Е. Сае- том и при про- ведении эколого-геохимических исследований.

В указанной выше книге [73] детально рассмотрено поведение ассоциаций элемен- тов-индикаторов первичных ореолов и руд в различных обстановках выветривания, а так- же при формировании вторичных ореолов в склоновых отложениях; излагаются установ- ленные Ю.Е. Сае- том закономерности формирования наложенных ореолов, степень их распространности в зависимости от различных геолого-литологических и ландшафтно- геохимических условий. На многочисленных примерах месторождений в пустынных, степных, лесных, таежных и мерзлотно-таежных ландшафтах выявлены основные харак- теристики наложенных ореолов. В своей книге Ю.Е. Сае- т с особой детальностью рассмат- ривает поведение именно ассоциаций (группы) элементов-индикаторов, что впоследствии было широко применено при изучении техногенных геохимических аномалий (метод тех- ногенных геохимических ассоциаций). Он подчеркивает, что вторичный геохимический ореол представляет собой сравнительно локальную часть ландшафта, в пределах которой устанавливаются аномальные геохимические характеристики, обусловленные процессами гипергенного преобразования и распределения (перераспределения) химических элемен- тов и их соединений, поставляемых источниками, не являющимися обязательным компо- нентом данного ландшафта. В таком понимании источник поставки вещества в ландшафт сам по себе является аномалией. 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 антропогенными (выбросы, отходы или стоки

промышленных предприятий, средства химизации, вносимые в почву при сельскохозяйственной деятельности, бытовые отходы). В ходе исследований вторичных геохимических ореолов Ю.Е. Саеом (совместно с Н.И. Несвижской) была разработана оригинальная экспрессная и экономически эффективная 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 [51]. Особое внимание в своих исследованиях Ю.Е. Саеом уделял процессам биоконцентрирования химических элементов и изучению форм нахождения последних во вторичных ореолах рассеяния. Предложенная им (совместно с Н.И. Несвижской) технологическая схема извлечения из пород и почв важнейших минералогеохимических фаз, концентрирующих элементы в ореолах рассеяния, по-прежнему используется в практике прикладных геохимических работ [82, 83]. В указанных публикациях Ю.Е. Саеом и Н.И. Несвижской было сформулировано понятие о так называемых минералогеохимических формах нахождения химических элементов, выделяемых по формально-генетическому признаку. Например, важнейшими минералогеохимическими 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 это же время Ю.Е. Саеом участвует в работе отраслевых семинаров по обмену опытом, консультирует другие проекты аналогичной тематики и читает лекции на курсах повышения квалификации геологов-поисковиков территориальных экспедиций Министерства геологии СССР.

В 1982 г. Ю.Е. Саеом была защищена докторская диссертация, посвященная проблемам геохимии техногенеза и экологической геохимии. Всего Ю.Е. Саеом опубликовано более 100 научных работ, составлено около 50 научно-производственных отчетов и записок-рекомендаций (к этому надо добавить отчеты, в которых он выступал как научный руководитель работ). Он состоял членом диссертационного совета при ИМГРЭ, Московского межведомственного совета по охране окружающей среды, Научного совета по биосфере АН СССР (в последний, как сказано в одной современной публикации, «входили лидеры многих естественнонаучных отраслей знания» [127]), ряда других научных и ученых советов. Им подготовлено 7 кандидатов наук, диссертационные работы которых касаются различных аспектов экологической геохимии, геохимической экологии и прикладной геохимии. Ю.Е. Саеом награжден медалью «За трудовую доблесть», значком «Отличник разведки недр», почетными грамотами Министерства геологии СССР, НТО «Горное», серебряной медалью ВДНХ СССР, «за выполнение важного задания Мингео СССР» Ю.Е. Саеому 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 (см. Постановление Кабинета Министров СССР от 18 июня 1991 г. № 381 «О присуждении в 1991 году от имени Правительства СССР премий за выполнение комплексных научных исследований, проектно-конструкторских и технологических работ по важнейшим направлениям развития народного хозяйства и его отраслей и за внедрение результатов этих исследований и работ»).

Уже на начальном этапе геохимических исследований процессов загрязнения окружающей среды, несколько позже получивших название «эколого-геохимических» исследований и заложивших основы экологической геохимии, ярко проявились исследовательский талант и организаторские способности Ю.Е. Саеом. В первой половине 1980-х гг. он сумел идейно и тематически сплотить комплексный и действенный коллектив специали-

стов (более 60 человек из различных подразделений «большого ИМГРЭ») разного профиля (геологи, геохимии, геофизики, географы, почвоведы, ландшафтоведы, геоморфологи, химики-аналитики, гигиенисты, технологи, экономисты и др.), разработать ряд взаимосвязанных научно-исследовательских и прикладных программ, в том числе в содружестве с академическими и отраслевыми институтами, организовать экспедиционные работы в различных регионах быв. СССР.

Первый крупный опыт методических исследований и масштабных опытно-производственных работ (табл. 2), доказавших высокую эффективность эколого-геохимических исследований, был выполнен для территории г. Москвы [75].

Таблица 2

Объемы работ, выполненных ИМГРЭ при геохимических исследованиях окружающей среды в пределах г. Москвы и лесопаркового защитного пояса в 1976–1979 гг. [1]

Направление работ	Кол-во изученных объектов	Кол-во отобранных проб
Исследование бытовых и промышленных отходов и оценка их воздействия	1) 2 мусороперерабатывающих завода, 2) 5 ТЭЦ, 3) Комплексное изучение всех видов отходов и стоков 16 предприятий, 4) 161 предприятие с гальваническим производством, 5) 8 городских свалок, 6) Почвы 30 полей в 10 хозяйствах, использующих бытовые отходы в качестве удобрений	1030 проб золы и шлака 363 пробы золы и шлака 450 проб отходов, 128 проб сточных вод 795 проб шламов 320 проб почв и растений, 160 проб по водотокам 3000 проб почв и растений
Выявление и картографирование очагов загрязнения промышленными выбросами	1) Обследование все территории города в масштабе 1 точка наблюдения на 1 км ² , 2) Обследование 4-х районов по сети 15–20 точек наблюдения на 1 км ² на площади 82 км ² ,	1000 проб почв, 1600 проб растений, 950 проб снега 7000 проб почв, 3500 проб снега
Установление очагов загрязнения вод московского источника водоснабжения	1) Обследование всей протяженности русел рек Москва, Яуза, Истра, 2) Обследование почв городов и сельскохозяйственных предприятий в пределах водосбора	800 проб воды, 2200 проб донных отложений 4150 проб почв
Оценка источников загрязнения поверхностных вод в г. Москве	1) 12 прудов-отстойников в устья притоков р. Москвы, 2) 25 прудов города, 3) Режимные наблюдения на 5 объектах	Всего: 2000 проб воды, 1400 проб донных отложений
Оценка риска заболевания населения в очагах загрязнения	1) Обследование заболеваемости детей в 24 поликлиниках города	500000 статистических талонов первичной обращаемости

Именно эти исследования определили возможности использования геохимических методов для решения следующих задач: 1) изучение промышленных предприятий и различных отходов, их оценка как источников загрязнения окружающей среды и вторичных ресурсов ценных компонентов; 2) выявление источников загрязнения окружающей среды промышленными выбросами, картографирование зон их воздействия, установление локальных зон наиболее интенсивного загрязнения территорий токсичными элементами; 3) оценка состояния почв и растительности, в том числе сельскохозяйственной, в связи с воздействием на них выбросов, использованием бытовых и промышленных отходов в качестве агроメリорантов; 4) установление источников загрязнения природных вод и оценка эффективности очистки сточных вод; 5) выявление контингентов населения с повышенным риском заболеваний в связи с установленными локальными и региональными геохимическими аномалиями. Было показано, что важнейшим достоинством геохимиче-

ских методов является возможность строгой пространственной фиксации зон техногенного загрязнения (прежде всего, в результате использования геохимических съемок и геохимического картирования) и возможность создания разномасштабных моно- и полиэлементных геохимических (эколого-геохимических) карт.

Особое внимание в ходе исследований было уделено оценке состояния Московоречного источника водоснабжения г. Москвы (р. Москва от Можайского до Рублевского водохранилищ, а также реки Руза и Истра) и характеристике территорий городов и сельскохозяйственных объектов, расположенных в пределах водосборов указанных водотоков и их притоков. Важным итогом геохимических работ были первые карты загрязнения территории г. Москвы химическими элементами, составленные по результатам картирования снежного и почвенного покровов. В частности, в 1976 г. в пределах г. Москвы была проведена геохимическая съемка в масштабе 1:100000 (1 проба на 1 км²) почвенного покрова, в 1977 г. – снежного покрова. Аналогичные съемки были выполнены повторно в 1986 г. (почвенный покров) и в 1987 г. (снежный покров). На основе результатов выполненных исследований были разработаны рекомендации по улучшению окружающей среды в г. Москве. В 1976 г. Москва была единственным крупным городом мира, в котором начали выполняться планомерные площадные геохимические исследования состояния окружающей среды.

Результаты первых работ, выполненных в Москве и ее окрестностях, установили своеобразие техногенного загрязнения (как геохимического явления) и указали на необходимость адаптации методов прикладной (поисковой) геохимии к новым задачам, разработки новых исследовательских приемов и оценочных показателей, привлечения прецизионных аналитических методов, использования достижений и методических приемов других научных дисциплин (геохимии ландшафта, геохимической экологии, гигиены, эпидемиологии, агрохимии). Именно поэтому, наряду с (в большей степени прикладными) геохимическими работами в пределах Москвы и ее лесопаркового защитного пояса, в 1977 г. начинаются методические исследования в пределах бассейна р. Пахры – правого притока р. Москвы (включая города Апрелевка, Троицк, Подольск, Климовск, Домодедово, Видное, пос. Львовский, Щербинка и др., а также территории ряда сельскохозяйственных объектов). Этот речной бассейн до середины 1980-х гг. являлся своеобразным опытным полигоном, на котором были отработаны различные методические приемы эколого-геохимических и эколого-гигиенических исследований. Особое внимание было уделено выявлению источников загрязнения и оценке состояния окружающей среды мемориального лесопарка «Горки Ленинские» и национального парка «Лосиный остров». В это же время проводятся работы по оценке состояния окружающей среды г. Симферополя, г. Сакки и Сакского бальнеологического озера-курорта. В 1979–1980 гг. для Олимпийского комитета СССР выполняется геохимическая оценка состояния территории олимпийских объектов в г. Москве. В период с 1982 по 1991 г. на 14 стационарных площадках, расположенных в основных функциональных зонах г. Москвы, осуществлялись наблюдения за уровнем загрязнения снежного покрова, с 1977 г. – периодически, а с 1987 г. – постоянно проводились ежегодные наблюдения за содержанием химических элементов в снежном покрове на фоновом участке (район Глубокого озера, Рузский район Московской области). В 1985 г. ЦОМГЭ ИМГРЭ проводит эколого-геохимическое картирование (почва и донные отложения) в пределах санаторно-курортных зон Северного Кавказа, а в 1986–1988 гг. – эколого-геохимическое картирование (почвенный покров и донные отложения водотоков) всей территории Северной Осетии (масштаб 1:200000).

В 1978 г. по инициативе Ю.Е. Саета в ИМГРЭ начинаются масштабные исследования, направленные на установление закономерных связей между распределением химических элементов и их соединений в окружающей среде и показателями здоровья населения. С этой целью в структуре МОМГЭ ИМГРЭ создается специальное подразделение (Лаборатория биомониторинга), которую возглавил канд. мед. наук Б.А. Ревич (ныне профессор, доктор медицинских наук, зав. Лабораторией прогнозирования качества окружающей

среды и здоровья населения ИНП РАН), что было тогда чрезвычайно нестандартным событием для отраслевого геологического института и тем более для его производственной экспедиции. Важнейшие итоги многолетних исследований в этой области подведены Б.А. Ревичем в его докторской диссертации [67].

В 1980 г. в ИМГРЭ (в сущности, лишь для придания большего статуса соответствующим работам) организуется Отдел экологической геохимии (в его состав вошел Сектор геохимии окружающей среды, руководителем которого стал канд. геол.-мин. наук А.В. Глебов – многолетний «организационный» сподвижник Ю.Е. Саета, а также – отчасти формально – еще два структурных подразделения Института). Ю.Е. Сает, возглавивший указанный Отдел, в свое время рассказал автору этих строк, что название указанному подразделению («Отдел экологической геохимии») «придумал» директор ИМГРЭ – член-корреспондент АН СССР Л.Н. Овчинников, который, таким образом, может считаться автором термина, обозначившего впоследствии новую научную дисциплину.

В 1982 г. (25 ноября) состоялась защита Ю.Е. Саеком докторской диссертации «Антропогенные геохимические аномалии (особенности, методика изучения и экологическое значение)» [72]. Официальными оппонентами на защите были А.А. Беус, М.А. Глазовская и В.К. Лукашев. Главная задача исследований, поставленная Ю.Е. Саеком в диссертации, состояла в всестороннем комплексном анализе условий образования и особенностей техногенных и рудогенных геохимических аномалий, а также геохимическая оценка интенсивности антропогенных преобразований (техногенеза) 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. Основные результаты исследований, изложенные в диссертации, сводятся к следующим 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 позволяет 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 приурочиваясь 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 крите-

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

К сожалению, как уже отмечалось выше, в быв. СССР практически до конца 1990-х гг. существовала, если можно так сказать, многолетняя традиция закрытости экологической информации (в современном массовом понимании этого термина) и даже секретности всех сведений, относящихся к загрязнению окружающей среды [43]. Например, 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 «обезличенности» 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. Подобная «закрытость» нередко доходила до абсурда: так, в научной статье, опубликованной в открытой печати, можно было прочитать, что «исследования выполнялись в зоне влияния крупного вольфрамово-молибденового месторождения, расположенного на северном склоне Большого Кавказа и связанного с молодыми гранитными массивами!» Все это, безусловно, не только резко снижало научную и просто информационную ценность публикаций, но и публикационную активность первых советских экогеохимиков. Тем не менее, даже в таких условиях, Ю.Е. Саев пытался найти различные формы донесения полученных результатов до максимально широкого круга специалистов. Прежде всего, особое внимание он уделял, 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). Уже в 1982 г. в ИМГРЭ издаются три выпуска Методических рекомендаций по геохимическим методам оценки загрязнения окружающей среды, в существенной мере основанные на полученном 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 [69]. Второй выпуск Рекомендаций посвящен общей эколого-геохимической оценке содержания химических элементов в окружающей среде, геохимической характеристике основных источников ее загрязнения и методике их изучения [80]. В третьем выпуске Рекомендаций дается геохимическая характеристика техногенных потоков рассеяния химических элементов в поверхностных водотоках, обосновывается и описывается методика их изучения [77]. В 1985 г. издаются Методические рекомендации по геохимической оценке состояния поверхностных вод [93], в которых из-

ложены 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 [84]. 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. В указанных выше Рекомендациях была также обоснована система 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 середине 1980-х гг. различными организациями Мингео СССР масштабные геохимические исследования, прежде всего геохимическое картирование, осуществлялись уже более чем в 40 городах страны [10].) Между прочим, и в настоящее время в литературе довольно часто встречаются ссылки на указанные Рекомендации.

В последующие годы Ю.Е. Саеом и его сотрудниками (в том числе, в содружестве со специалистами других ведомств и организаций) было опубликовано еще несколько работ, посвященных методическим вопросам геохимического изучения окружающей среды, оценки влияния химических элементов на здоровье человека и использования полученных результатов в практических целях [45, 48, 64, 68, 97].

К 1983 г. сотрудники «большого» ИМГРЭ публикуют в различных изданиях серию статей, в которых отражены первые результаты геохимических исследований окружающей среды (см., например, [13, 32, 39, 65, 74, 76, 79, 89, 91, 94, 95, 98, 99, 108, 109]); выступают с докладами на различных научных конференциях. В 1981 г. непосредственно в ИМГРЭ выходят три сборника научных трудов, содержащих несколько статей эколого-геохимической тематики [24, 53, 54]. В 1982 г. издается сборник ИМГРЭ, уже полностью посвященный эколого-геохимическим проблемам [37], в 1984 г. выходят в свет сразу два сборника научных трудов эколого-геохимической тематики [36, 46], в 1987 г. издается тематический сборник, посвященный методам определения химических элементов в объектах окружающей среды [47], а в 1989 г. – сборник научных трудов, в которых рассматриваются особенности применения биогеохимических методов при изучении окружающей среды [5]. В указанных сборниках были опубликованы статьи не только сотрудников ИМГРЭ и его экспедиций, но и других организаций (И.А. Авессаломова, В.С. Аржанова, М.А. Глазовская, П.В. Елпатьевский, Э.Ф. Емлин, Н.С. Касимов, С.Р. Крайнов, В.Н. Макаров, Н.Ф. Мырлян, Е.М. Никифорова, А.И. Перельман, Ю.Г. Покатилов, Н.П. Солнцева и др.). В 1983 г. состоялась 1-я (и, к сожалению, последняя) Всесоюзная школа «Геохимические методы при изучении окружающей среды» (Московская область, Красногорский район, пос. Опалиха, пансионат «Серебрянка», принадлежавший в то время Мингео СССР).

Особое внимание Ю.Е. Саеом уделялось знакомству с зарубежной и (в то время еще немногочисленной) отечественной литературой, посвященной геохимическому изучению окружающей среды. В структурных подразделениях, которые возглавлял Ю.Е. Саеом и в которых он был научным руководителем, существовало правило: любая новая тема и даже небольшое конкретное исследование всегда начинались с подготовки соответствующего информационно-аналитического обзора. Практически каждый производственный и тем более научно-методический отчет содержал обзор доступной отечественной и зарубежной литературы по соответствующей тематике. Особо надо отметить, что в 1987 и в 1989 г. в издательстве «Мир» под редакцией Ю.Е. Саеом были опубликованы переводы двух монографий, которые (если судить по их цитируемости) и сейчас пользуются большим спросом у специалистов [38, 50].

Начиная с середины 1980-х гг. география эколого-геохимических исследований, выполняемых ИМГРЭ, расширяется. Работы проводятся не только в Москве и Московской области, но и 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. Эколого-геохимические исследования оказались чрезвычайно эффективными для выявления, изучения и оценки экологических ситуаций, сложившихся в уникальных по своему экологическому и практическому значению регионах. Так, исследования, выполненные в курортных зонах Крыма, Черноморского побережья Кавказа, Кавказских Минеральных Вод, позволили выявить источники техногенного загрязнения окружающей среды этих уникальных районов (Анапа, Геленджик, Новороссийск, Дагомыс, Сочи, Мацеста, Ялта и др.), грязевых курортов (озеро Саки, озеро Тамбуканское), источников и месторождений минеральных вод (Кисловодск, Пятигорск, Ессентуки и др.). Важное направление в эколого-геохимических исследованиях имели работы, связанные с изучением и оценкой экологических ситуаций, обусловленных загрязнением окружающей среды ртутью (в Ереване, Никитовке, Полтаве, Смоленске, Саранске, Клину 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 [113, 114]. Общая техногенная эмиссия металла (в 1950–1985 гг.) в окружающую среду составила здесь не менее 1200 т, что привело к образованию в русле и долине р. Нуры обширной зоны загрязнения ртутью. Основными аккумуляторами ртути в долине реки являются техногенные илы, прослеживаемые в русле и его бортах на расстоянии до 100–120 км ниже источника загрязнения, а также пойменные почвы, орошаемые речной водой или заливаемые в половодья и паводки, почвы промышленной зоны, шламонакопители. Речная пойма ниже города активно использовалась в сельскохозяйственных целях, вода из Нуры – для водоснабжения г. Астаны, в устье р. Нуры расположен международный заповедник по охране водо-болотных птиц. Позже, уже в середине 1990-х гг., результаты этих исследований привлекли внимание международных организаций и были продолжены в рамках международных проектов, которые позволили уточнить масштабы и интенсивность ртутного загрязнения в этом районе и приступить к работам по ремедиации загрязненных территорий.

В существенной мере столь обширная география и масштабность эколого-геохимических работ объяснялась, прежде всего, их прикладной направленностью, поскольку многие из них выполнялись не только в рамках ОНТП ГКНТ СМ СССР и «текущих» программ Министерства геологии СССР, но и, как уже не раз отмечалось выше, на основании специальных заданий и поручений Мингео СССР, других министерств и ведомств быв. СССР, постановлений и распоряжений органов исполнительной власти разных уровней. Например, эколого-геохимические работы в курортных районах Крыма, Краснодарского и Ставропольского краев осуществлялись в связи с совместным Постановлением ВЦСПС, ГКНТ СМ СССР и Госплана СССР № 626/294 от 30.11.1984 г. «О рациональном использовании курортных ресурсов и оздоровлении природной среды курортов и зон отдыха», а работы в Центральном Казахстане («Эколого-геохимическая оценка загрязнения ртутью окружающей среды бассейна реки Нуры») – на основании Поручения Совета Министров СССР (№ ПП-4458 от 05.03.1985 г.) «Об очистке русла реки Нуры от ртути в районе зоны влияния ПО Карбид» и специального задания Министерства геологии СССР. Такая поддержка была серьезным и эффективным подспорьем, особенно при проведении экспедиционных работ. Во многом это была заслуга Ю.Е. Саета, умевшего убеждать соответствующие органы власти в необходимости проведения тех или иных прикладных эколого-геохимических исследований. Многие исследования, осуществляемые под руководством Ю.Е. Саета, выполнялись в рамках распространенных в то время дого-

воров о научном сотрудничестве с различными институтами АН СССР и союзных Академий наук, отраслевыми институтами Мингео СССР, институтами и организациями Минздрава СССР, МСХ СССР и др. Выполнялась также научно-методическая работа по заказу КГБ СССР.

Важно отметить, что Ю.Е. Саету, как научному руководителю, и его сотрудникам, как исполнителям, удавалось организовать проведение прикладных работ таким образом, что в ходе их достигалась не только практическая задача, но и решались методические и научные задачи, связанные с установлением особенностей и закономерностей техногенного воздействия на окружающую среду. Это послужило основой того, что уже в середине 1980-гг., наряду с изданием серии Методических рекомендаций, сборников научных статей и другими публикациями, стали подводиться – в форме кандидатских диссертаций (научный руководитель Ю.Е. Сает) – конкретные научные и научно-методические итоги эколого-геохимических исследований. Так, в 1985 г. состоялась защита Е.П. Яниным кандидатской диссертации (оппоненты Г.А. Голева и Н.Н. Сочеванов), посвященной установлению геохимических закономерностей формирования техногенных потоков рассеяния химических элементов в малых реках [110]. Продуктивен был 1987 г., когда кандидатские диссертации защитили А.И. Ачкасов [3], Н.Н. Алексеенцева [2] и В.В. Приваленко [63]. Работа А.И. Ачкасова (оппоненты Н.Ф. Глазовский и В.П. Учватов) посвящена изучению трансформации химических свойств агроландшафтов в результате проведения химической мелиорации на основе методических подходов и приемов прикладной геохимии и геохимии ландшафтов. Диссертация Н.Н. Алексеенцевой (оппоненты В.К. Лукашев и В.В. Батоян) посвящена характеристике геохимического фона эндемичного по урвской (Кашина-Бека) болезни очага Юго-Восточного Забайкалья, установлению основных закономерностей распределения макро- и микроэлементов в природных компонентах (породах, почвах, водах) на основе ландшафтно-геохимического и геохимического сопоставления эндемичных и неэндемичных территорий и выяснению влияния комплекса геологических, ландшафтных и геохимических факторов на проявление заболевания. Работа В.В. Приваленко (оппоненты Г.В. Войткевич и И.А. Авессаломова) посвящена изучению закономерностей трансформации пойменных ландшафтов в результате их промышленного загрязнения. В 1991 г., уже после смерти Ю.Е. Саета, кандидатскую диссертацию, посвященную биогеохимической оценке реакции древесных насаждений на загрязнение городской среды химическими элементами, защищает Н.Н. Москаленко (научные руководители Ю.Е. Сает и Э.К. Буренков, оппоненты А.И. Перельман и И.Н. Бурдакова) [49], а в 1992 г. – Р. Тарашкявичус (научный руководитель Ю.Е. Сает, научный консультант В. Кадунас, оппоненты В.К. Лукашев и Н.С. Петрова), цель работы которого заключалась в выявлении закономерностей, специфики и условий формирования техногенных потоков и ореолов химических элементов и их ассоциаций в основных миграционных и депонирующих средах города [100].

Основные научные и научно-методические итоги начального этапа развития эколого-геохимических исследований изложены в ряде публикаций [10, 11, 52, 66, 70, 78, 85–87, 90, 92, 96, 111, 112 и др.], но наиболее полно систематизированы в монографии [88], в которой 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 загрязнения окружающей среды, миграционные цепи распространения поллютантов в природных системах, а также рассмотрены принципы, методы и результаты биогеохимической и геогигиенической оценок отрицательных последствий техногенного загрязнения окружающей среды для здоровья человека. Важнейшие результаты указанных исследований сводятся к следующему.

Эколого-геохимические исследования в значительной мере основаны на существующих корреляционных связях между источниками загрязнения, миграцией химических элементов в транспортирующих средах (водные и воздушные потоки) и их концентриро-

ванием в природных компонентах, временно депонирующих поллютанты (почвы, снежный покров, донные отложения). В общем случае логика прикладных эколого-геохимических исследований такова: 1) изучение геохимических ассоциаций, 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 и способов миграции химических элементов и их соединений в окружающей среде, установление природных компонентов, взаимодействующих с миграционным потоком; исследование интенсивности и результатов этого взаимодействия (техногенных геохимических аномалий, техногенных образований и т. п.); 3) оценка площади распространения техногенных геохимических аномалий (зон загрязнения), выявление их качественного состава, количественных параметров, морфоструктурных особенностей, пространственного распределения поллютантов, а также центров наиболее интенсивного воздействия, характеризующихся максимальными нагрузками токсичных и(или) биологически активных химических элементов и их соединений и определяющих контингенты живых организмов с повышенным риском проявления отрицательных реакций; 4) экологическая и гигиеническая оценка установленных зон загрязнения (техногенных геохимических аномалий); 5) разработка рекомендаций и обоснование мероприятий, направленных на предотвращение, снижение и ликвидацию негативного воздействия на живые организмы, экосистемы, биосферу в целом.

Формирование в окружающей среде техногенных геохимических аномалий обусловлено поступлением в нее различных отходов и их последующим распределением природными процессами миграции: пылегазовых выбросов, сточных вод, твердых промышленных и бытовых отходов. В сельскохозяйственных районах значение имеет целенаправленное использование минеральных и органических удобрений, средств мелиорации, пестицидов. В общем случае интенсивность геохимического воздействия техногенных источников загрязнения определяется массой химических элементов (веществ), поступающей на ту или иную территорию (техногенная нагрузка на окружающую среду). Величина нагрузки, образуемой поступлением выбросов, стоков и твердых отходов, зависит как от степени концентрации в них поллютантов, так и от общего объема отходов. При оценках степени опасности загрязнения окружающей среды различными загрязняющими веществами необходимо учитывать способ их поставки и возможность попадания в системы жизнеобеспечения: воздух, питьевую воду, пищу. Следует также различать прямые и отдаленные экологические (гигиенические, медико-биологические) последствия. С этих позиций выбросы в атмосферу являются сейчас наиболее опасным способом поставки поллютантов (с прямым экологическим воздействием). Сточные воды в равной степени обладают признаками прямого и отдаленного воздействия. Твердые отходы характеризуются в основном отдаленным воздействием (за исключением случаев использования их в качестве агромелиорантов, применения в строительстве и т. п.). Разносторонние исследования состава и геохимических особенностей различных отходов и средств химизации показали, что они являются мощными источниками поступления в окружающую среду широкой ассоциации химических элементов и их соединений.

Эколого-геохимические исследования, выполненные во многих городах, позволили установить типовые структуры загрязнения их территорий. Обычно наиболее опасная экологическая ситуация характерна для городов, где преобладают предприятия металлургического профиля. Для многих из них практически вся территория может находиться в опасной зоне загрязнения химическими элементами. Уровень загрязнения, формирующийся в городах с неблагоприятными для рассеяния пылегазовых выбросов ландшафтными условиями, даже при относительно небольшой промышленной нагрузке, но с интенсивным движением автотранспорта, очень часто соизмерим с уровнем загрязнения крупных промышленных городов. В средних и малых городах с машиностроительными предприятиями структура загрязнения складывается относительно удовлетворительно. Более благоприятные условия наблюдаются в небольших городах с ограниченным развитием про-

мышленности, в «городах-спальнях», в жилых микрорайонах крупных городов, удаленных от промышленных предприятий на 5–10 км. В экстремальных ситуациях в городских агломерациях формируются техногенные биогеохимические районы, отличающиеся чрезвычайно высокими концентрациями либо комплекса элементов, либо одного специфического компонента практически во всех природных средах. Так, установлены города, где качество окружающей среды определяется чрезвычайно высоким уровнем содержания в ее компонентах такого токсичного элемента, как ртуть.

Сельскохозяйственные территории (агрolandшафты, агроэкосистемы) отличаются от естественных экосистем в основном тремя особенностями: 1) они получают находящуюся под контролем человека вспомогательную энергию, дополняющую или заменяющую солнечную; 2) разнообразие организмов здесь резко снижено, чтобы максимизировать выход какого-то одного продукта; 3) доминирующие виды растений и животных подвергаются искусственному, а не естественному отбору. Геохимическую структуру агрolandшафтов обуславливают три группы процессов: 1) агрогенные геохимические преобразования, связанные с технологией сельскохозяйственного производства; 2) техногенные преобразования, не связанные с агропроизводством; 3) природная геохимическая дифференциация. Агрогенные геохимические преобразования связаны с неизбежными воздействиями, вызванными технологическими циклами сельскохозяйственного производства: обработкой почв, водной и химической мелиорацией, уборкой урожая и т. д. Среди агрогенных воздействий, прежде всего, следует выделить использование средств химизации (минеральных и органических удобрений, ядохимикатов, агроmeliорантов и т. п.). С экогеохимических позиций особое значение имеет применение фосфорных удобрений, поскольку они производятся на основе природных фосфатов, отличающихся повышенными концентрациями многих химических элементов, которые в значительных количествах переходят (часто концентрируясь) из апатитовых и фосфоритовых руд в концентраты. Повышенная поставка химических элементов в агрolandшафтах связана с калийными (Mo) и азотными (As, Cd, Hg, Co, Mo, Pb, Sn) удобрениями, микроудобрениями (B, Mo, Cu, Zn, Mn, Co), пестицидами (Hg, Cu, F, Sn, Zn, V, Mn, As, Pb), кормовыми добавками (As, F, Sr и др.), микроудобрениями, антисептиками, а также с отходами и сточными водами животноводческих комплексов (P, N, K, Zn, Ag, Sr, Hg, W, Sn и др.). Специфическую группу источников составляют применяемые в сельском хозяйстве в качестве удобрений и агроmeliорантов бытовые и промышленные отходы (шлаки, осадки сточных вод, компосты из отходов, фосфогипс, зола ископаемых углей и сланцев), сельскохозяйственные и бытовые сточные воды, загрязненные поверхностные воды для орошения. Техногенные геохимические преобразования агрolandшафтов являются следствием загрязнения в результате поступления поллютантов при локально-региональном их переносе от промышленных источников, при разливах интенсивно загрязненных рек и т. п. Неоднородность природной геохимической структуры агрolandшафтов связана с ландшафтно-геохимическими факторами, которые весьма разнообразны и обуславливают разные площади и уровни проявления химических различий в составе почв, растений, вод. Геохимические аномалии, формирующиеся в сельскохозяйственных районах, отличаются, как правило, относительно невысокой интенсивностью концентрирования поллютантов, однако проявляются они на значительных территориях. Более контрастные, но локальные аномалии фиксируются в зонах воздействия промышленных объектов и животноводческих комплексов, в районах использования в качестве мелиорантов и удобрений бытовых и промышленных отходов, сточных вод, загрязненных поверхностных вод. Длительное использование загрязненных речных вод для орошения приводит к чрезвычайно сильному загрязнению ландшафтов, особенно пойменных. Известны случаи, когда в таких ситуациях формируются специфические, например, ртутные агроирригационные ландшафты. Особую опасность представляет загрязнение органическими поллютантами, а также соединениями азота.

Масштабы техногенного воздействия на окружающую среду в горнорудных районах настолько велики, что всецело определяют их геохимические особенности. Характер и ин-

тенсивность проявления последствий техногенеза в горнорудных районах зависят от типа месторождения и состава руд, гидрогеологических и ландшафтно-геохимических условий водосбора (особенно важно различать гумидные и аридные ландшафты), а также от принятой системы добычи, обогащения и передела минерального сырья. Особое значение имеют такие факторы, как количество сульфидов в разрабатываемой горной массе, состав рудовмещающих пород, степень проработки сульфидсодержащих пород процессами окисления, время существования поверхностных техногенных литоаккумуляций, объемы и состав образующихся отходов (отвалов пустых пород, хвостов обогащения, шламов металлургических заводов, сточных вод, пылегазовыбросов), степень очистки стоков и способ хранения отходов, интенсивность поставки твердого материала и поверхностного стока. Техногенные преобразования захватывают территории, многократно превышающие площади горных отвалов, проявляются в глубокой трансформации химического состава практически всех компонентов биосферы. Размеры зон влияния эксплуатируемых месторождений на прилегающие территории достигают десятки, часто сотни кв. км (в исключительных случаях – тысячи кв. км); радиус образующихся при осушении месторождений депрессионных воронок составляет десятки км (при понижении напоров, измеряемых иногда сотнями метров). В отвалы и хвостохранилища ежегодно поступают миллиарды куб. м отходов добычи и обогащения руд. В большинстве случаев степень извлечения из руд полезных компонентов невелика; часто из них извлекается только 1–3 компонента при содержании в рудах в несколько раз большего числа полезных элементов. Из шахт и рудников, с обогатительных фабрик и металлургических предприятий отводятся и сбрасываются колоссальные объемы сточных вод, содержащих взвешенные вещества, органические и неорганические соединения. В атмосферу выбрасываются огромные количества пыли, газов, различных соединений. Все это приводит к формированию в окружающей среде контрастных и комплексных техногенных геохимических аномалий. В общем случае принципиальными являются следующие факты: 1) несмотря на то, что в горнорудных районах качественный состав техногенных источников в принципе адекватен природным, соотношения между элементами в техногенных аномалиях принципиально иные, чем в природных; 2) как правило, уровень загрязнения сопутствующими элементами (элементами-примесями) заметно выше, чем таковой главными компонентами добываемых руд; 3) для техногенных аномалий характерно почти повсеместное присутствие в высоких концентрациях редких элементов, что, по-видимому, является важнейшим их признаком; 4) интенсивность, комплексность и масштабы загрязнения заметно (часто многократно) увеличиваются в ряду воздействия «разведка-добыча-обогащение-переработка руд»; 5) формирующиеся зоны загрязнения отличаются высокой устойчивостью; их негативное воздействие сказывается многие десятки лет после прекращения функционирования предприятий; 6) по своим размерам, комплексности состава и интенсивности концентрирования химических элементов техногенные аномалии в большинстве случаев многократно превышают природные аналоги.

С научно-методических и практических позиций важным итогом эколого-геохимических исследований является установление закономерных связей между распределением химических элементов и их соединений в окружающей среде и показателями здоровья населения. В большинстве случаев эта связь контрастно проявлена у детей и наблюдается в широком спектре неблагоприятных реакций организма на загрязнение среды обитания. Обычно наблюдается однотипная таксономическая структура изменения показателей здоровья детей (в порядке уменьшения контрастности реакции организма на интенсивность загрязнения атмосферного воздуха и соответствующих геохимических аномалий в депонирующих средах): 1) иммунологическая реактивность; 2) острые заболевания органов дыхания аллергического характера; 3) отклонения от норм функциональных и физиологических показателей – нарушение гармоничности физического развития, увеличение числа лейкоцитов при снижении гемоглобина в крови и т. д.; 4) рост числа хронических заболеваний; 5) возникновение специфических заболеваний, обусловленных интен-

сивным загрязнением среды обитания тяжелыми металлами (Hg, Cd), другими химическими элементами (F), органическими соединениями (ПХБ, пестициды, диоксины); 6) проявление отдаленных последствий – патология беременности и родов, онкологические заболевания и т. д. Сопряженный анализ геохимической структуры загрязнения урбанизированных территорий и изменений показателей здоровья позволил оценить средний уровень вклада техногенного загрязнения окружающей среды в ухудшение физиологических характеристик и рост заболеваемости населения. По этим данным, ухудшение иммунного статуса организма детей примерно на 50% связано с факторами загрязнения. Если в средних и малых городах преимущественно с машиностроительной промышленностью суммарная заболеваемость лишь не более чем на 10% связана с загрязнением среды, то в крупных городах этим фактором определяется до 25% всех заболеваний, а в городах и поселках близ особенно мощных источников вредных выбросов (металлургия, химическая промышленность, горно-обогатительное производство) – до 50%. Особенно интенсивно влияние загрязнения на уровень заболеваний органов дыхания. В крупных городах с техногенным загрязнением связано до 40% таких болезней, в городах близ мощных источников выбросов до 60%. Особое значение имеет формирование в районах, где для водоснабжения используются подземные воды, природно-техногенных гиперфторовых областей, с которыми связаны очаговые эндемии флюороза.

Выявленные геохимические и биогеохимические корреляционные связи распределения химических элементов в окружающей среде являются эмпирическими моделями, которые позволяют дифференцировать территории по уровням загрязнения и дают возможность проводить экологическую и гигиеническую оценку техногенных геохимических аномалий (зон загрязнения). Количественная модель связи между откликами организма и геохимической структурой загрязнения дала возможность создать шкалу оценки опасности геохимических аномалий в почвах, которая вошла в методические указания, в свое время утвержденные Министерством здравоохранения СССР (табл. 3). В настоящее время шкала и суммарный показатель загрязнения широко используются в практике работ по оценке состояния окружающей среды различных районов, в инженерно-экологических изысканиях. Аналогичные шкалы предложены для оценки экологической опасности аэрогенных очагов загрязнения и поверхностных водотоков [68, 88, 119, 121].

Таблица 3

Ориентировочная шкала опасности загрязнения территории населенных пунктов по суммарному показателю загрязнения почв Z_c [45]

Категория загрязнения	Величина Z_c	Изменения показателей здоровья населения
Допустимая	Менее 16	Наиболее низкий уровень заболеваемости детей и минимальная частота встречаемости функциональных отклонений
Умеренно опасная	16-32	Увеличение общей заболеваемости
Опасная	32-128	Увеличение общей заболеваемости, числа часто болеющих детей, детей с хроническими заболеваниями, нарушениями функционального состояния сосудистой системы
Чрезвычайно опасная	Более 128	Увеличение заболеваемости детей, нарушение репродуктивной функции женщин (увеличение токсикоза беременности, числа преждевременных родов, мертворождаемости и др.)

Важнейшими исследовательскими приемами экологической геохимии являются геохимическое картирование и геохимический мониторинг [115, 119, 120]. Картирование осуществляется путем проведения площадных геохимических съемок, основанных на опробовании по регулярной сети различных компонентов природной среды (почв, снежного покрова, донных отложений и др.). Дальнейшее развитие эколого-геохимическое картирование получило в рамках выполнения федеральных программ «Геохимическая карта России» и «Геоэкология России», прежде всего, в связи с разработкой технологии многоцеле-

вого геохимического картирования (МГХК), предусматривающего широкое использование ландшафтной информации, ландшафтно-геохимических и агрогеохимических карт, функциональное зонирование территорий, комплексную оценку состояния земель [31]. Мониторинг базируется на повторных, режимных и непрерывных наблюдениях распределения химических элементов, главным образом, в динамичных природных компонентах (атмосферный воздух, природные воды). Широко используются маршрутные геохимические съемки (геохимическое профилирование), а также специализированные наблюдения с применением адаптированных методов биогеохимии, геохимии ландшафта, экологии, гигиены и эпидемиологии. Неотъемлемой частью являются химико-аналитические и минералого-геохимические исследования.

Исследованиями последних лет показано, что эколого-геохимические последствия техногенеза отражаются не только в направленном увеличении уровней содержания в окружающей среде различных химических элементов и их соединений, в нарушении количественного соотношения их содержаний и в появлении ксенобиотиков. Геохимическое воздействие человека на окружающую среду отличается выраженной спецификой и своеобразной уникальностью, что проявляется в многообразии геохимических процессов и явлений, наблюдаемых в техногенно измененных природных компонентах, геологических телах, ландшафтах, экосистемах, и сопровождается формированием в окружающей среде геохимических условий, в которых поведение, формы миграции и нахождения, токсикологическая и биологическая значимость химических элементов и соединений могут принципиально отличаться от таковых в природных условиях. В сущности, техногенез обуславливает формирование геохимических обстановок, до недавнего времени в природе не существовавших. В литературе эти аспекты рассматриваемой проблемы изучены менее детально, тогда как именно они, безусловно, относятся к наиболее важным, именно они должны быть в центре внимания специалистов. Среди других проблем и вопросов, требующих своего решения, следует отметить необходимость дальнейшей систематизации теоретических положений экологической геохимии и разработки методических основ единого комплекса прикладных эколого-геохимических исследований. Особое значение имеет совершенствование существующих и разработка новых эколого-геохимических показателей и нормативов состояния и степени техногенного преобразования окружающей среды. В области химико-аналитических исследований усилия должны быть направлены не только на совершенствование и разработку высокочувствительных методов обнаружения в компонентах окружающей среды химических элементов и их соединений, но также на изучение форм миграции и нахождения поллютантов. Не менее важной представляется и другая сторона аналитической проблемы, связанная с надежностью определения очень высоких концентраций химических элементов и их соединений, типичных для условий интенсивного техногенного загрязнения, где уровни содержания многих из них часто достигают экстремальных величин. К тому же, например, техногенные образования (отложения) характеризуются специфическим вещественным составом (они, как правило, резко обеднены кремнеземом и обогащены органикой), отличающим их от природных отложений, что обуславливает значительные сложности их анализа, в том числе на стадии подготовки проб.

Существующие в настоящее время подходы к оптимизации взаимодействия человека и биосферы все еще не дают ключа к пониманию того, как эффективнее всего подойти к решению этой сложной проблемы. Декларируемые в последние годы концепции устойчивого развития, экологической безопасности и улучшения среды обитания во многом определены искусственно, без должного обоснования, поскольку зачастую базируются на интуитивном подходе, а иногда просто на эмоциях. Это во многом связано с отсутствием надежных сведений, отражающих влияние деятельности человека на природу, обычно рассматриваемое как совершенно нежелательное и даже случайное явление. В идеале решение многих современных экологических проблем сводится к разумному управлению биогеохимическими функциями человечества и, соответственно, биогенной миграцией

атомов 3-го рода, от интенсивности и специфики проявления которых в существенной мере зависят качество среды обитания в отдельных районах и организованность биосферы в целом. В настоящее время масштабы проявления биогенной миграции атомов 3-го рода чрезвычайно велики; 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 новые условия существования человека. «Где остановится этот новый геологический процесс? И остановится ли он?» [16, с. 223]. В поисках ответов на эти вопросы особая роль, по мнению автора статьи, принадлежит экологической геохимии.

Автор благодарит Л.Н. Алексинскую, И.Л. Башаркевич, Л.И. Кашину, В.В. Перфильеву, Б.А. Ревича, С.Б. Самаева, Л.С. Соколова и Н.В. Тихонову за помощь при восстановлении некоторых событий, имеющих отношение к возникновению и становлению эколого-геохимических исследований в ИМГРЭ.

Литература

1. Алексинская Л.Н., Астрахан Е.Д., Ачкасов А.И., Башаркевич И.Л., Блинов В.В., Волох А.А., Горшенина С.В., Ефимова Р.И., Несвижская Н.И., Павлова Л.Н., Ревич Б.А., Самаев С.Б., Смирнова Р.С., Челищев Н.Ф., Сорокина Е.П., Янин Е.П. Эколого-геохимические исследования в Московском регионе. М.: ИМГРЭ, 1989. 28 с.
2. Алексенцева Н.Н. Эколого-геохимические особенности территории юго-восточного Забайкалья эндемичной по болезни Кашина-Бека: Автореф. дис... канд. геол.-мин. наук. Минск, 1987. 20 с.
3. Ачкасов А.И. Распределение микроэлементов в агроландшафтах Московской области: Автореф. дис... канд. географ. наук. М., 1987. 24 с.
4. Беус А.А., Грабовская Л.И., Тихонова Н.В. Геохимия окружающей среды. М.: Недра, 1976. 248 с.
5. Биогеохимические методы при изучении окружающей среды (сборник научных статей). М.: ИМГРЭ, 1989. 162 с.
6. Биогеохимические циклы в биосфере. Мат-лы VII Пленума СКОПЕ, Москва, 15–22 ноября, 1974. М.: Наука, 1976. 356 с.
7. Бондарев Л.Г. Вечное движение (Планетарное перемещение вещества и человек). М.: Мысль, 1974. 158 с.
8. Бондарев Л.Г. Ландшафты, металлы и человек. М.: Мысль, 1976. 72 с.
9. Булгаков С.Н. Сочинения в 2 т.: Т. 1. М.: Наука, 1993. 603 с.
10. Буренков Э.К., Саев Ю.Е. Проблемы ноосферы и эколого-геохимические исследования // Советская геология, 1988. № 4. С. 24–32.
11. Буренков Э.К., Борисенко И.Л., Москаленко Н.Н., Янин Е.П. Экологическая геохимия городских агломераций. М.: Геоинформмарк, 1991. 79 с.
12. Буренков Э.К., Самаев С.Б., Соколов Л.С. Эколого-геохимические исследования ИМГРЭ в Московском регионе // Прикладная геохимия: Вып. 6: Экологическая геохимия Москвы и Подмосковья. М.: ИМГРЭ, 2004. С. 39–50.
13. Буренков Э.К., Саев Ю.Е. Эффективность применения геохимических методов при изучении окружающей среды // Вклад московских геологов в охрану окружающей среды столицы. М., 1983.
14. Буренков Э.К., Янин Е.П. Эколого-геохимические исследования в ИМГРЭ – прошлое, настоящее, будущее // Прикладная геохимия. Вып. 2. Экологическая геохимия. М.: ИМГРЭ, 2001. С. 5–24.
15. Вадковская И.К., Лукашев К.И. Геохимические основы охраны природы. Минск: Наука и техника, 1977. 275 с.
16. Вернадский В.И. Избранные сочинения. Т. 1. М.: Изд-во АН СССР, 1954. 696 с.

17. Вернадский В.И. Избранные сочинения. Т. 5. М.: Изд-во АН СССР, 1960. 422 с.
18. Вернадский В.И. Живое вещество. М.: Наука, 1978. 358 с.
19. Вернадский В.И. Проблемы биогеохимии. М.: Наука, 1980. 320 с.
20. Вернадский В.И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. М.: Наука, 1987. 339 с.
21. Вернадский В.И. Философские мысли натуралиста. М.: Наука, 1988. 520 с.
22. Вернадский В.И. Философские мысли натуралиста. М.: Наука, 1988. 520 с.
23. Вернадский В.И. Статьи об ученых и их творчестве. М.: Наука. 1997. 364 с.
24. Геохимические методы при оценке скрытого оруденения (сборник научных статей). М.: ИМГРЭ, 1981. 97 с.
25. Геохимия зоны гипергенеза и техническая деятельность человека (сборник научных статей). Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1976. 132 с.
26. Геохимия техногенного преобразования ландшафтов (сборник научных статей). М.: МФГО СССР, 1978. 80 с.
27. Глазовская М.А. Геохимические основы типологии и методики исследования природных ландшафтов. Изд-во МГУ, 1964. 230 с.
28. Глазовская М.А. Техногенез и проблемы ландшафтно-геохимического прогнозирования // Вестник МГУ. Сер. География, 1968. № 1. С. 30–36.
29. Глазовская М.А. Технобиогеомы – исходные физико-географические объекты ландшафтно-геохимического прогнозирования // Вестник Моск. ун-та. Сер. 5, география, 1972. № 6. С. 23–35.
30. Глазунов А. Нам нужна... революция. М.: Изд-во «БПП», 2009. 420 с.
31. Головин А.А. Многоцелевое геохимическое картирование как основа комплексной оценки территорий: Автореф. дис... док. геол.-мин. наук. М.: ИМГРЭ, 1998. 67 с.
32. Григорян С.В., Саев Ю.Е. Геохимические методы при решении некоторых экологических задач // Советская геология, 1980. № 11. С. 94–108.
33. Добродеев О.П. Техногенез – мощная геохимическая сила биосферы // Природа, 1978. № 11. С. 87–92.
34. Дончева А.В. Ландшафт в зоне воздействия промышленности. М.: Лесная промышленность, 1978. 95 с.
35. Ермаков В.В. Геохимическая экология как следствие системного изучения биосферы // Проблемы биогеохимии и геохимической экологии (Тр. Биогеохим. лаб., 1999, т. 23). М.: Наука, 1999. С. 152–182.
36. Использование геохимических методов при изучении загрязнения окружающей среды (сборник научных статей). М.: ИМГРЭ, 1984. 78 с.
37. Исследование окружающей среды геохимическими методами (сборник научных статей). М.: ИМГРЭ, 1982. 103 с.
38. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях: Пер. с англ. Д.В. Гричука и Е.П. Янина под ред. Ю.Е. Саева. М.: Мир, 1989. 439 с.
39. Кайданова О.В., Саев Ю.Е., Сорокина Е.П. Исследование уровня содержания микроэлементов в почвах городских территорий (на примере г. Курска) // Взаимодействие хозяйства и природы в городских и промышленных геосистемах. М.: ИГАН СССР, 1982. С. 60–65.
40. Касимов Н.С. Геохимия природных и техногенных ландшафтов // Геохимия ландшафтов и география почв (к 100-летию М.А. Глазовской). Докл. Всерос. научн. конф. Москва, 4–6 апреля 2012. М.: Географический факультет МГУ, 2012. С. 15–18.
41. Ковальский В.В. Геохимическая экология. М.: Наука, 1974. 299 с.
42. Корте Ф., Бахадир М., Клайн В., Лай Я.П., Парлар Г., Шойнерт И. Экологическая химия: Пер. с нем. М.: Мир, 1996. 396 с.
43. Ларин В., Мнацаканян Р., Честин И., Щварц Е. Охрана природы России: от Горбачева до Путина. М.: КМК, 2003. 416 с.
44. Левинсон А. Введение в поисковую геохимию: Пер. с англ. М.: Мир, 1976. 499 с.

45. Методические указания по оценке степени опасности загрязнения почвы химическими веществами. М.: Минздрав СССР, 1987. 25 с.
46. Методы изучения техногенных геохимических аномалий (сборник научных статей). М.: ИМГРЭ, 1984. 86 с.
47. Методы определения редких и рассеянных элементов в геологических пробах и объектах окружающей среды (сборник научных статей). М.: ИМГРЭ, 1987. 105 с.
48. Методика составления территориальной комплексной схемы (ТКС) охраны окружающей среды на примере г. Москвы. М.: НИИПИ Генплана Москвы, 1987. 260 с.
49. *Москаленко Н.Н.* Биогеохимические особенности зеленых насаждений урбанизированных территорий (на примере г. Москвы): Автореф. дис... канд. геол.-мин. наук. М., 1991. 24 с.
50. *Мур Дж., Рамамурти С.* Тяжелые металлы в природных водах: Контроль и оценка влияния: Пер. с англ. Д.В. Гричука, Е.П. Янина и Н.И. Субчева под ред. Ю.Е. Саета. М.: Мир, 1987. 288 с.
51. *Несвижская Н.И., Сает Ю.Е.* Геохимические поиски перекрытых сульфидных месторождений по наложенным ореолам. М.: ИМГРЭ, 1975. 78 с.
52. *Несвижская Н.И., Сает Ю.Е.* Геохимические основы определения предельно допустимых концентраций химических элементов в почвах // Миграция загрязняющих веществ в почвах и сопредельных средах. Тр. 4-го Всес. сов., Обнинск, 1983. Л.: Гидрометеоиздат, 1985. С. 10–18.
53. Новые достижения по редким элементам (сборник научных статей). М.: ИМГРЭ, 1981. 133 с.
54. Новые области применения геохимических методов (сборник научных статей). М.: ИМГРЭ, 1981. 107 с.
55. *Овчинников Л.Н., Григорян С.В., Сает Ю.Е., Буренков Э.К.* По накоплениям химических элементов // Городское хозяйство Москвы, 1978. № 8. С. 41–43.
56. *Перельман А.И.* Геохимия биосферы. М.: Наука, 1973. 168 с.
57. *Перельман А.И.* Геохимия техногенеза // Проблемы минерального сырья. Памяти академика А.Е. Ферсмана. М.: Наука, 1975. С. 199–208.
58. *Перельман А.И.* Геохимия ландшафта. М.: Высшая школа, 1975. 342 с.
59. *Перельман А.И.* Геохимия элементов в зоне гипергенеза. М.: Недра, 1972. 288 с.
60. *Перельман А.И.* Биокосные системы Земли. М.: Наука, 1977. 160 с.
61. *Перельман А.И.* Теория геохимических методов поисков рудных месторождений и создание ландшафтно-геохимической модели бальнеологического грязевого курорта на севере Европейской России // Прогнозно-поисковая геохимия на рубеже XXI века. М.: ИМГРЭ, 1998. С. 49–51.
62. *Перельман А.И., Касимов Н.С.* Геохимия ландшафта. М.: Астрейя-2000, 1999. 768 с.
63. *Приваленко В.В.* Комплексный эколого-геохимический анализ природно-техногенных процессов в пойме Северского Донца: Автореф. дис.... канд. геол.-мин. наук. М., 1987. 25 с.
64. Применение обработанных химическими реагентами осадков сточных городских вод в качестве удобрения (Рекомендации). Владимир: ВНИПТИОУ, 1986. 31 с.
65. *Ревич Б.А.* Содержание металлов в волосах как показатель накопления их в организме // Металлы. Гигиенические аспекты оценки и оздоровления окружающей среды. М., 1983. С. 73–80.
66. *Ревич Б.А.* Гигиеническая оценка содержания некоторых химических элементов в биосубстратах человека // Гигиена и санитария, 1986, № 7. С. 59–62.
67. *Ревич Б.А.* Научные основы гигиенических исследований окружающей среды городов с использованием геохимических методов: Автореферат дис. ... док. мед. наук. М., 1992. 48 с.

68. Ревич Б.А., Сает Ю.Е., Смирнова Р.С. Методические рекомендации по оценке степени загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов металлами по их содержанию в снежном покрове и почве. М.: ИМГРЭ, 1990. 16 с.
69. 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. 112 с.
70. Ревич Б.А., Сает Ю.Е. Состояние здоровья детского населения промышленных городов с различной территориальной геохимической структурой // Вестник АМН СССР, 1989. № 8. С. 14–18.
71. Сает Ю.Е. Ландшафтно-геохимические основы комплексных поисков эндогенных месторождений бора: Автореф. дис... канд. геол.-мин. наук. М.: ИМГРЭ, 1968. 24 с.
72. Сает Ю.Е. Антропогенные геохимические аномалии (особенности, методика изучения и экологическое значение): Автореф. дис... док. геол.-мин. наук. М., 1982. 53 с.
73. Сает Ю.Е. Вторичные геохимические ореолы при поисках рудных месторождений. М.: Наука, 1982. 168 с.
74. Сает Ю.Е. Геохимическая оценка техногенной нагрузки на окружающую среду // Геохимия ландшафтов и география почв. М.: Изд-во МГУ, 1982. С. 84–100.
75. Сает Ю.Е., Алексинская Л.Н., Башаркевич И.Л., Грабовская Л.И., Каширский В.Н., Павлова Л.Н., Ревич Б.А., Фридман Г.А. Оценка состояния окружающей среды г. Москвы по геохимическим данным и рекомендации по ее улучшению. М.: ИМГРЭ, 1980. 70 с.
76. Сает Ю.Е., Алексинская Л.Н., Башаркевич И.Л., Ефимова Р.И., Каширский В.Н., Смирнова Р.С., Фридман Г.А. Геохимическая оценка влияния бытовых и промышленных отходов на окружающую среду // Региональная геохимия и рудообразование. М.: Наука, 1980. С. 288–301.
77. Сает Ю.Е., Алексинская Л.Н., Янин Е.П. Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения поверхностных водотоков химическими элементами. М.: ИМГРЭ, 1982. 74 с.
78. Сает Ю.Е., Ачкасов А.И., Башаркевич И.Л., Онищенко Т.Л., Саркисян С.Ш., Трефилова Н.Я., Янин Е.П. Геохимические особенности сельскохозяйственных территорий // Проблемы геохимической экологии (Тр. Биогеохим. лаб., т. 22). М.: Наука, 1991. С. 147–171.
79. Сает Ю.Е., Башаркевич И.Л., Смирнова Р.С., Фридман Г.А. Геохимическая оценка влияния отходов на окружающую среду городов // Геохимические методы мониторинга. Минск: Наука и техника, 1980. С. 34–46.
80. Сает Ю.Е., Башаркевич И.Л., Ревич Б.А. Методические рекомендации по геохимической оценке источников загрязнения окружающей среды. М.: ИМГРЭ, 1982. 66 с.
81. Сает Ю.Е., Игумнов Н.Я., Несвижская Н.И. Геохимические поиски эндогенных месторождений бора по вторичным ореолам рассеяния. М.: Наука. 135 с.
82. Сает Ю.Е., Несвижская Н.И. Изучение форм нахождения элементов во вторичных ореолах рассеяния. М.: ВИЭМС, 1974. 45 с.
83. Сает Ю.Е., Несвижская Н.И. Геохимические ореолы в неозлювиальных ландшафтах (проблемы и методы изучения при поисках перекрытых месторождений) // Геохимия ландшафтов. Теория миграции химических элементов в природных ландшафтах. М.: Изд-во МГУ, 1975. С. 151–178.
84. 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. 100 с.
85. Сает Ю.Е., Ревич Б.А. Геохимические аспекты экологии человека в городе // Проблемы экологии человека. М.: Наука, 1986. С. 33–42.

86. Сает Ю.Е., Ревич Б.А. Эколого-геохимические подходы к разработке критериев нормативной оценки состояния городской среды // Изв. АН СССР, сер. географ., 1988. № 4. С. 37–46.

87. Сает Ю.Е., Ревич Б.А., Смирнова Р.С., Сорокина Е.П., Саркисян С.Ш. Город как техногенный субрегион биосферы // Биогеохимическое районирование и геохимическая экология (Тр. Биогеохим. лаб., т. 20). – М.: Наука, 1985. С. 133–166.

88. 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. 335 с.

89. Сает Ю.Е., Смирнова Р.С. Геохимические принципы выявления зон воздействия промышленных выбросов в городских агломерациях // Вопросы географии, 1983. № 120. С. 45–55.

90. Сает Ю.Е., Сорокина Е.П., Ревич Б.А., Алексинская Л.Н., Ачкасов А.И., Глебов А.В., Трефилова Н.Я., Янин Е.П. Рекомендации по результатам эколого-геохимической оценки некоторых территорий Московской области с наиболее высоким уровнем загрязнения // Научно-технический прогресс и проблемы охраны окружающей среды Московской области. М.: НИИгигиены им. Ф.Ф.Эрисмана, 1989. С. 42–61.

91. Сает Ю.Е., Сорокина Е.П., Смирнова Р.С. Геохимическое картографирование почв как метод оценки загрязнения городских территорий // Бюлл. Почвенного ин-та, 1983. № 35. С. 37–40.

92. Сает Ю.Е., Сорокина Е.П., Янин Е.П. Возможности использования геохимических данных при рекреационных исследованиях // География и природные ресурсы, 1984. № 4. С. 30–34.

93. 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. 48 с.

94. Сает Ю.Е., Янин Е.П., Алексинская Л.Н. Геохимические критерии различия рудных и антропогенных потоков рассеяния в поверхностных водотоках // Гидрогеохимические методы поисков рудных месторождений и прогноза землетрясений (Мат-лы Второго международного симпозиума «Методы прикладной геохимии»). Новосибирск: Наука, 1983, с. 87–95.

95. Сает Ю.Е., Янин Е.П., Григорьева О.Г., Сорокина Е.П. Микроэлементы в донных отложениях рек как индикаторы загрязнения антропогенных ландшафтов // Геохимические методы мониторинга. Минск: Наука и техника, 1980. С. 95–108.

96. Сает Ю.Е., Янин Е.П. О комплексном составе техногенных гидрохимических аномалий // Водные ресурсы, 1991, № 2. С. 135–140.

97. Скрининговые методы для выявления групп повышенного риска среди рабочих, контактирующих с токсичными химическими элементами. М.: МОНИКИ, 1989. 23 с.

98. Сорокина Е.П. Картографирование техногенных аномалий в целях геохимической оценки урбанизированных территорий // Вопросы географии, 1983. № 120. С. 55–67.

99. Сорокина Е.П., Агальцова Е.Б., Григорьева О.Г., Сает Ю.Е. Выявление геохимических ассоциаций элементов как метод исследования техногенных аномалий // Миграция загрязняющих веществ в почвах и сопредельных средах. Тр. 2-го Всес. сов., Обнинск, 1978. Л.: Гидрометеоиздат, 1980. С. 91–99.

100. Тарашкявичюс Р. Техногенные геохимические потоки промышленного города (на примере г. Вильнюса): Автореф. дис... канд. геол.-мин. наук. Вильнюс, 1992. 22 с.

101. Тяжелые металлы в окружающей среде. М.: Изд-во МГУ, 1980. 356 с.

102. Файф У.С. Кризис окружающей среды: количественная оценка взаимодействия геосфер // Современные проблемы геодинамики: Пер. с англ. М.: Мир, 1984. С. 259–274.

103. Ферсман А.Е. Геохимия: Т. 2. Л.: Химтеорет, 1934. 354 с.

104. Франк С.Л. Сочинения. М.: Правда, 1990. 607 с.

105. Химия окружающей среды: Пер. с англ. М.: Химия, 1982. 672 с.
106. Хокс Х.Е., Уэбб Дж.С. Геохимические методы поисков минеральных месторождений: Пер. с англ. М.: Мир, 1964. 487 с.
107. Экогеохимия Западной Сибири. Тяжелые металлы и радионуклиды. Новосибирск: Изд-во СО РАН, НИЦ ОИГГМ, 1996. 248 с.
108. Янин Е.П. Изучение химического состава донных отложений водотоков при санитарном контроле качества поверхностных вод // Мат-лы научн.-техн. конф. «Актуальные вопросы гигиены труда». М., 1980. С. 76–81.
109. Янин Е.П. Основные тенденции изменения геохимических черт водотоков и водоемов в антропогенных ландшафтах // Динамика географических систем. М.: Изд-во МГУ, 1983. С. 13–14.
110. Янин Е.П. Геохимические закономерности формирования антропогенных потоков рассеяния химических элементов в малых реках: Автореф. дис....канд. геол.-мин. наук. М., 1985. 25 с.
111. Янин Е.П. Геохимические особенности малых рек сельскохозяйственных ландшафтов // География и природные ресурсы, 1985. № 1. С. 167–168.
112. Янин Е.П. Техногенные потоки рассеяния химических элементов в донных отложениях поверхностных водотоков // Советская геология, 1988. № 10. С. 101–109.
113. Янин Е.П. Экогеохимическая оценка загрязнения реки Нуры ртутью. М.: ИМГРЭ, 1989. 43 с.
114. Янин Е.П. Ртуть в окружающей среде промышленного города. М.: ИМГРЭ, 1992. 169 с.
115. Янин Е.П. Экологическая геохимия горнопромышленных территорий. М.: Геоинформмарк, 1993. 50 с.
116. Янин Е.П. Экологическая геохимия: исходные положения и эмпирические обобщения // Проблемы экологической минералогии и геохимии: Тез. докл. Годичного собрания Минералогического общества РАН, Санкт-Петербург, 21–23 мая 1997 г. СПб., 1997. С. 5–6.
117. Янин Е.П. Истоки, принципы и основные понятия экологической геохимии // Геохимические исследования городских агломераций. М.: ИМГРЭ, 1998. С. 13–40.
118. Янин Е.П. К истории эколого-геохимических исследований в ИМГРЭ // Геохимические исследования городских агломераций. М.: ИМГРЭ, 1998. С. 158–165.
119. Янин Е.П. Введение в экологическую геохимию. М.: ИМГРЭ, 1999. 68 с.
120. Янин Е.П. Принципы и методические основы эколого-геохимических исследований // Отечественная геология, 1999. № 1. С. 54–58.
121. Янин Е.П. Техногенные геохимические ассоциации в донных отложениях малых рек (состав, особенности, методы оценки). М.: ИМГРЭ, 2002. 52 с.
122. Янин Е.П. Экологическая геохимия и проблемы биогенной миграции химических элементов 3-го рода // Техногенез и биогеохимическая эволюция таксонов биосферы (Тр. Биогеохим. лаб., т. 24). М.: Наука, 2003. С. 37–75.
123. Янин Е.П. Национальные и региональные проекты по экологическому картированию в зарубежных странах // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов, 2003, № 1. С. 88–102.
124. Янин Е.П. О предмете экологической геохимии // Прикладная геохимия. Вып. 6. Экологическая геохимия Москвы и Подмосковья. М.: ИМГРЭ, 2004. С. 23–38.
125. Янин Е.П. Геохимия // Новая Российская энциклопедия: В 12 т. Том 4 (2). – М.: ООО «Издательство «Энциклопедия»: ИД «ИНФРА-М», 2007. С. 210–212.
126. Янин Е.П. Экологическая геохимия: предмет и методические основы (к 75-летию со дня рождения Ю.Е. Саета) // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов, 2010, № 5. С. 57–70.

127. Яницкий О.Н. Двадцать лет российской трансформации. Экологическая ретроспектива: 1985-2004 гг. (Предварительные итоги) // Общественные науки и современность, 2005. № 4. С. 26–36.
128. Bowen H.J.M. Environmental Chemistry of the Elements. London etc.: Academic Press, 1979. 317 p.
129. Hawkes H.E., Webb J.S. Geochemistry in Mineral Exploration. Harper and Row Publ., New York and Evanston, 1962. 415 p.
130. Levinson A.A. Introduction to exploration geochemistry. Calgary: Applied Publ. Ltd., 1974. 612 p.
131. Plant J., Moore N. Regional geochemical mapping and interpretation in Britain // Phil. Trans. Roy. Soc. London, 1979. V. 288. P. 95–112.
132. Provisional geochemical atlas of Northern Ireland. Oxford: Clarendon press, 1973. 47 p.
133. Purves D. Contamination of urban garden soils with copper and boron // Nature, 1966. V. 210. P. 1077–1078.
134. Purves D. Trace-element contamination of the environment. Amsterdam: Elsevier Science Ltd, 1977. 260 p.
135. Solomatina E. Geohemia w służbie ekologii miast // Przyr. pol., 1985. № 11. P. 29.
136. The Wolfson geochemical atlas of England and Wales. Oxford: Clarendon press, 1977. 69 p.
137. Thornton I., Plant J. Regional geochemical mapping and health in the United Kingdom // J. Geol. Soc., 1980. V. 137. № 5. P. 575–586.
138. Thornton I., Webb J.S. Environmental geochemistry: Some recent studies in the United Kingdom // Trace Substances in Environmental Health. - Univ. Missouri, Columbia, 1973. P. 89–98.
139. Thornton I., Webb J.S. Aspects of geochemistry and health in the United Kingdom // Origin and Distrib. Elem. Proc. 2nd Symp., Paris, 1977. Oxford e. a., 1979. P. 791–805.
140. Webb J.S., Thornton I., Howarth R.J., Thomson M., Lowenstein P. The Wolfson Geochemical Atlas of England and Wales. Oxford: Clarendon Press, 1978. 135 p.
141. Wood J.M. Biological cycles for toxic elements in the environment // Science, 1974. V. 183. P. 1049–1054.
142. Wood J.M. Biological cycles for elements in the environment // Die Naturwissenschaften, 1975. № 8. P. 357–365.
143. Wood J.M., Goldberg E.D. Impact of metals on the biosphere // Global Chemical Cycles and Their Alterations by man. Rept. Dahlem Workshop Berlin, 1976. Berlin: Dahlem Konferenzen, 1977. P. 137–153.