

Е.П. ЯНИН

**ИЗ ИСТОРИИ РАЗВИТИЯ
ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
В СССР**

МОСКВА – 2024

Е.П. ЯНИН

**ИЗ ИСТОРИИ РАЗВИТИЯ
ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
В СССР**

МОСКВА – 2024

УДК 504.054+613.5

ББК 26.30

Я 52

Янин Е.П. Из истории развития эколого-геохимических исследований в СССР. – М.: НП «АРСО», 2024. – 136 с.

В книге рассказывается о начале и развитии эколого-геохимических исследований в Институте минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов (ИМГРЭ) Министерства геологии СССР и АН СССР и его научно-производственных экспедициях в 1976–1988 гг. Опыт организации и проведения этих исследований, выполненных в те годы, представляет большой интерес для современных исследователей, а полученные результаты сыграли важную роль в формировании и становлении теоретических и методических основ экологической геохимии. Особое внимание уделяется жизни и творческой деятельности Ю.Е. Саета – их инициатору и идейному лидеру.

Рецензенты:

доктор медицинских наук, профессор *Б.А. Ревич*,
кандидат геолого-минералогических наук *С.Б. Самаев*

ISBN 978-5-6053052-1-7

© Е.П. Янин, 2024

ВВЕДЕНИЕ

Важнейшей задачей современной геохимии является познание истории химических элементов, участвующих в геологических процессах, определяющих состояние биосферы – среды *жизни*, среды обитания человека. В результате человеческой деятельности скорость и направленность многих процессов нарушены и даже изменены. В настоящее время решением данной задачи занимается комплекс научных дисциплин геохимического профиля, поскольку для того чтобы понять, оценить, контролировать и регулировать указанные нарушения и изменения, необходимо изучить их на атомарно-молекулярном уровне. Именно в геохимии, изначально имеющей, по удачному выражению известного новозеландского геохимика и геолога, иностранного члена РАН У.С. Файфа (1927–2013) «экологическую основу» [191], заложены возможности получения научных знаний об этих явлениях и их последующего практического использования.

С середины 1970-х гг. в различных районах бывшего СССР начали проводиться и в настоящее время в России продолжают выполняться «эколого-геохимические исследования», «эколого-геохимические оценки», «эколого-геохимическое картирование»; в университетах и вузах России действуют учебные программы и читаются специализированные курсы «Экологическая геохимия»; в научных организациях существуют лаборатории экологической геохимии, защищаются диссертации, издаются учебные и методические пособия, книги, сборники научных трудов, справочники по экологической геохимии и эколого-геохимическим исследованиям и т.п. Авторы многих публикаций единодушны в том, что экологическая геохимия есть новое научное направление, новая научная дисциплина (см., например, [2, 12, 22, 41, 44, 78, 186, 188 и др.]). Экогеохимии отводится важное место в структуре современных системных направлений изучения биосферы и природных комплексов [65].

Академик В.И. Вернадский, касаясь вопросов генезиса новых научных дисциплин, подчеркивал, что «новые науки <...> создаются по своим собственным законам; эти законы не стоят ни в какой связи

ни с нашей волей, ни с нашей логикой» [38, с. 8]. С этой точки зрения, по мнению ученого, показательное зарождение и развитие геохимии: «Мы, современники, не в состоянии дать историю выделения этой науки. Мы видим проблемы, которыми она занимается, мы знаем, что сейчас она вступила в область конструирования, но дать точные даты, выявить когда <...> эта отрасль знания явилась на историческую арену человеческой мысли мы не можем» [38 с. 9]. Вернадский также подчеркивал, что нет особого смысла рассуждать о том, правильно или неправильно то, что выделяется новая отрасль знания: «Мы должны считаться с тем явлением, что ход зарождающегося процесса новой науки нам не ясен. Это есть для нас стихийное явление, естественноисторический факт, который подчиняется закономерному выявлению; он отвечает процессу развития человеческой мысли» [38, с. 9].

Тем не менее возникновение научных дисциплин во многом диктуется насущными проблемами, обусловленными развитием общества, хозяйства, техники. Можно, очевидно, утверждать, что возникновение проблемы является необходимым этапом познания действительности, а важнейшим средством ее решения служит научный метод. Геохимическое преобразование биосферы человеческой деятельностью, в обиходе часто называемое техногенным (антропогенным) загрязнением окружающей среды, – явление сейчас не только общеизвестное, но и представляющее собой серьезную проблему для современного общества. «Подходя к научному изучению природы, – подчеркивал В.И. Вернадский, – мы никогда не должны и не можем забывать, что оно <...> неизбежно связано с практическим значением его в жизни человечества <...>. Особенно это должно чувствоваться, когда мы касаемся вопросов геохимии, где культурная жизнь человечества является могучей силой, меняющей химические явления нашей планеты. Очевидно, что изучение хода развития роста геохимического значения человечества должно повести за собой и большее проникновение человека в понимание прикладного характера научной работы» [33, с. 21].

Академику В.И. Вернадскому принадлежит выдающаяся роль в развитии учения о геохимической деятельности человека [223, 224, 226]. Именно он 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 [30–34, 36, 37]. Способность живых организмов вызывать движение (биогенную миграцию) химических элементов он назвал биогеохимическими функциями живого вещества, которые захватывают практически все химические элементы, распространяются на всю нашу планету, не зависят от территориальных условий и химически отражаются на окружающей организм внешней среде. В качестве особой геологической силы В.И. Вернадский 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» [31, с. 231].

С геохимической точки зрения любые естественные образования – природный компонент, геологическое тело, ландшафт, экосистема – определяются, прежде всего, своим элементарным химическим составом, т. е. характерным, как правило, только для них количественным распределением химических элементов. При этом, по словам академика Вернадского, химический состав биосферы в разных местах земной поверхности закономерно различен и теснейшим образом связан с геологическим характером местности, с литологическим составом слагающих ее горных пород, со сгущениями разных форм жизни (сгущениями живого вещества), причем живое вещество охватывает и регулирует в области биосферы все или почти все химические элементы. Этот основополагающий для геохимии биосферы тезис великого геохимика получил обоснование в трудах многих его последователей, показавших, что геохимическая гетерогенность является характерной особенностью строения биосферы, основным ее проявлением, в значительной степени зависит от биогеохимических функций живого вещества и, в свою очередь, определяет экологические условия существования живых организмов. Это положение приобретает особое значение в наше время, поскольку, подчеркнем еще раз, установление закономерностей изменения химического состава биосферы и ее составных частей в условиях техногенного воздействия является одной из важнейшей задачей современной геохимии.

Совокупность геохимических и минералогических процессов, вызываемых технической (инженерной, горнотехнической, химической, сельскохозяйственной) деятельностью человека, была названа

академиком А.Е. Ферсманом [292] 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, может приводить к негативным эколого-гигиеническим последствиям. С другой стороны, отмечал Вернадский, 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» [32, с. 251]. Естествознание и неразрывно с ним связанная техника проявляются в наш век как геологическая сила, резко меняющая биосферу [34]. Как в свое время заметил С.Н. Булгаков, «в науке строятся не только логические модели действительности, но и создаются проекты воздействия на нее» [23, с. 193].

Новая отрасль знания, призванная изучать влияние жизни на геохимические процессы, была названа 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 живыми организмами», биогеохимия «может <...> рассматриваться <...> как геохимия биогенных процессов». Основная задача биогеохимии – 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» [34, с. 12–13]. Таким образом, академиком Вернадским, в сущности, и были обозначены три важнейших направления геохимического изучения биосферы, которые в настоящее время, по мнению автора этих строк, оформились в самостоятельные научные дисциплины. Это (1) геохимическая экология [65–67, 77], (2) геохимия ландшафта [109, 114] и (3) экологическая геохимия [210–212,

218, 220, 222], 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.

Экологическая геохимия (экогеохимия) – как раздел биогеохимии – научно изучает историю химических элементов в биосфере в условиях проявления биогеохимических функций человечества. Поскольку, как подчеркивал В.И. Вернадский, геохимическая «история <...> элементов <...> может быть всегда сведена к их <...> миграциям» [30, 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, идущая в биосфере под влиянием жизни, воли, разума человека, является предметом исследования экологической геохимии [215, 218, 222]. Важнейшие проявления биогенной миграции атомов 3-го рода («антропогенной миграции химических элементов») могут быть сведены к геохимическим процессам и явлениям, их пространственно-временным отражениям и взаимодействиям в биосфере, включая формирование в ней новых (с геохимической точки зрения) геологических тел и образований. Главная цель экологической геохимии – установление закономерностей изменения химического состава биосферы и ее частей в связи с проявлением биогеохимической функции человечества. В этом плане, если рассматривать экологическую геохимию как знание (т. е. как открытую систему объективных знаний о действительности), то в качестве предмета науки экогеохимии выступают знания о закономерностях изменения химического состава биосферы и поведения химических элементов в ней в связи с проявлением биогеохимической функции человека. Экологическая геохимия в существенной мере базируется на учении о геохимической деятельности человека, что априори обуславливает ее положение в системе геохимических наук, а попытки найти ей особое место в геоэкологии, «синтетической геоэкологии», экогеологии и т. д. вряд ли могут быть признаны методологически обоснованными. И дело не только в ее названии, включающего термин-элемент «геохимия» (что, впрочем, также имеет значение). Дело в том, что, во-первых, предметная область исследований экологической геохимии прямо связана с основным объектом геохимии (химическими элементами); во-вторых, ее теоретические основы, понятийный

аппарат и терминологическая система в существенной мере строятся на методологии и теории общей геохимии и ряда других дисциплин, в нее входящих; в-третьих, используемая экологической геохимией система методов и методических приемов в значительной степени заимствована у родственных геохимических наук.

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. Кортэ, Дж. Лагерверффа, К. Паттерсона, Д. Пурвиса, И. Торнтон, Х. Уоррена, Д. Уэбба, У. Ферстнера, Дж. Фортескью, Ф. Ханта, Х.Е. Хокса, Т. Хюги и др., в 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 окружающей среды), 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 [18, 19, 61, 248–250], б) химии окружающей среды (экологической химии), целью которой является изучение изменений вещества в окружающей среде и прогноз возможных последствий таких изменений [194, 231], 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, особенно в пищевых цепях [79], 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 [65, 77], д) геохимии ландшафта, изучающей химический состав и миграцию химических элементов в ландшафте [109, 110], е) поисковой геохимии, прежде всего, при оценке влияния на окружающую среду объектов горнопромышленной деятельности [84, 195, 215, 216, 233, 236]. 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 в экологических целях была выполнена геохимическая съемка донных отложений водотоков всей страны, позволившая составить серию геохимических карт Англии, Северной Ирландии, Уэльса, Шотландии [237, 238, 243, 244, 247]¹. Исследованиями был установлен ряд эмпирических зависимостей между болезнью людей и распределением химических элементов в окружающей среде [246]. В сущности, в ходе этих исследований формулируется понятие «геохимия окружающей среды» («Environmental Geochemistry») [245]. 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.) [219]. Получаемая геохимическая информация использовалась не только для оценочно-поисковых целей, но также в агрономии, ветеринарии и экологии, для оценки техногенного загрязнения в горнорудных районах. Интерес представляют также работы шотландского биохимика-эколога (а также драматурга, поэта и активного защитника шотландского языка) Д. Пурвиса (1924–2015) [239, 240], в которых с геохимической точки зрения на конкретных примерах рассматривается и анализируется локальное загрязнение окружающей среды, в том числе в пределах городов.

В 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 [49–52] и А.И. Перельмана [107–111], а также работы других авторов, в которых с геохимической точки зрения рассматривались отдельные аспекты указанной проблемы [20, 28, 47, 48, 63, 190]. Надо отметить, что еще в 1957 г. академик А.П. Виноградов (1895–1975) использовал термин «химическая экология», а В.В. Ковальский (1899–1984) в том же году сформулировал понятие «геохимическая экология» [199]. Тем не менее по настоящему широкое целенаправленное использование

¹ В СССР литохимические (металлометрические) съемки по потокам рассеяния широко использовались на всех этапах и стадиях геологоразведочных работ, ими покрыта заметная часть страны, но проводились они главным образом на малоосвоенных территориях, а их результаты в экологических целях практически не использовались.

геохимических методов для выявления и изучения загрязнения окружающей среды, оценки ее состояния и разработки природоохранных мероприятий на основе получаемой геохимической информации в нашей стране началось во второй половине 1970-х гг. в Институте минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов Министерства геологии СССР и АН СССР (ИМГРЭ) [80, 114, 118, 213, 241]. Именно здесь, в сущности, и оформились термины «эколого-геохимические исследования», «эколого-геохимическая оценка», «эколого-геохимический анализ», «эколого-геохимическое картирование» и т. п., а также появилось словосочетание «экологическая геохимия». Особая, пионерская роль в организации и развитии эколого-геохимических исследований и в последующем становлении экологической геохимии как научной дисциплины принадлежит Ю.Е. Саету (1934–1988). Так, академик Н.С. Касимов отмечает, что «теория и практика геохимических поисков полезных ископаемых, расцвет которых пришелся на 60–80-е гг. XX века, послужили методологической базой для применения геохимических методов при исследованиях загрязнения окружающей среды и становления в недрах геохимии нового научного направления – геохимии окружающей среды, созданного в конце 70-х годов XX века в значительной мере широко известными в нашей стране трудами Ю.Е. Саета и его последователей. <...> Основными объектами таких эколого-геохимических оценок <...> явились крупные промышленные города (Москва, Ереван и др.), а также средние и малые промышленные центры страны. <...> Методология геохимии окружающей среды получила широкое распространение в нашей стране. На ее основе были выполнены эколого-геохимические оценки десятков городов и других источников антропогенного воздействия на среду во многих регионах. Е.П. Янин предложил называть это направление экогеохимией и рассмотрел основные теоретические и методологические принципы этого нового научного направления» [72, с. 6–7]. В статье [73, с. 8] подчеркивается, что «методологические основы экогеохимии городских ландшафтов были заложены в 1980-х годах работами ИМГРЭ под руководством Ю.Е. Саета». В книге [74 с. 12] читаем: «Первые широкие научно-методические и прикладные геохимические исследования окружающей среды городов в нашей стране были начаты на территории Москвы сотрудниками Института минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов (ИМГРЭ) под руководством Ю.Е. Саета в 1976 г.». В.В. Гавриленко [42, с. 8] отмечает, что «обширные исследования в области геохимии окружающей среды и

экологической геохимии проводились группами сотрудников ИМГРЭ под руководством Ю.Е. Саета». В публикации, посвященной памяти Ю.Е. Саета, от имени Ученого совета и руководства ИМГРЭ заявлено, что «в 1976 г. Ю.Е. Саеком впервые в мире была сформулирована концепция применения методов поисковой геохимии для выявления и изучения зон техногенного загрязнения, обоснованы важнейшие принципы использования геохимических данных для экологической оценки состояния окружающей среды и организованы (в пределах территории Москвы и ее лесопарковой зоны) планомерные эколого-геохимические исследования» [106, с. 65]. Белорусские коллеги отмечают, что решающую роль в развитии геохимических исследований городов «сыграли разработки Института минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов (ИМГРЭ), выполненные под руководством Ю.Е. Саета [196, с. 9]. А.К. Сагателян и его коллеги указывают, что «планомерное изучение окружающей среды городов СССР были начаты под руководством Ю.Е. Саета. Оно получило название “эколого-геохимических исследований”», причем «первые эколого-геохимические исследования городов Армении проводились с начала 1980-х гг. Ю.Е. Саеком и другими сотрудниками ИМГРЭ» [130, с. 120]. В работе [197, с. 10–11] утверждается, что «идея применения методики геохимических поисков полезных ископаемых для выявления и картирования очагов техногенного загрязнения окружающей среды возникла в середине 1970-х гг. в Институте минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов (ИМГРЭ)».

В предлагаемой уважаемому читателю книге рассказывается о начале и развитии эколого-геохимических исследований, которые осуществлялись в ИМГРЭ и его производственных экспедициях (в «большом» ИМГРЭ) в 1976–1988 гг. под руководством Ю.Е. Саета. Опыт организации таких исследований, результаты которых сыграли важную роль в становлении и развитии теоретических и методических основ экологической геохимии и не потеряли своего научного и практического значения и в наши дни, уникален и не должен быть забыт. Автор книги был (с января 1978 г.) свидетелем многих и непосредственным участником некоторых событий, о которых в ней рассказывается, и надеется, что смог достаточно объективно изложить начальные этапы развития эколого-геохимических исследований окружающей среды и становление экологической геохимии в нашей стране.

Автор благодарит Л.Н. Алексинскую, А.И. Ачкасова, И.Л. Башаркевич, Л.И. Кашину, В.В. Перфильеву, Б.А. Ревича, В.М. Рогового,

Г.Ю. Сает, С.Б. Самаева, Л.С. Соколова и Н.В. Тихонову за помощь при восстановлении некоторых событий, имеющих отношение к начальному этапу эколого-геохимических исследований в ИМГРЭ и жизненному пути Ю.Е. Саета. Особая признательность Н.С. Пименовой за предоставленную возможность ознакомиться с личным делом Ю.Е. Саета, хранящимся в архиве ИМГРЭ.

Книга подготовлена в рамках государственного задания Института геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН (тема FMMZ-2024-0039, Группа «Научное наследие В.И. Вернадского и его школы»).

Ю.Е. САЕТ: ОТ ПОИСКОВОЙ ГЕОХИМИИ К ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИМ ИССЛЕДОВАНИЯМ

Юлий Ефимович Сает родился 9 октября 1934 г. в г. Москве. Его отец – Ефим Григорьевич Сает (1887–1965) – инженер-механик, выпускник Императорского московского технического училища (ныне МГТУ им. Н.Э. Баумана); мама – Елена Юльевна Сегал (1905–1972) – медицинская сестра.



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

До 1965 г. Юлий Ефимович жил в Москве, на Чистопрудном бульваре (дом 14, строение 3), в большой коммунальной квартире, расположенной в бывшем доходном доме² церкви Троицы Живоначальной, что на Грязех (церковь находится совсем недалеко – на улице Покровке, дом 13, строение 1), с 1965 по 1969 г. на Большой Черемушкинской улице, дом 48, с 1969 г. – на улице Азовской, дом 9 (ныне дом 23) [131].

² Этот четырехэтажный (+ полуподвал) дом (в стиле модерн) построен в 1908–1909 по проекту архитектора Л.Л. Кравецкого (разработка плана) и инженера-строителя П.К. Микини; декоративное оформление фасадов и интерьеров выполнено художником С.И. Вашковым. Дом (его нередко называют «подлинным украшением» Москвы) вошел в историю города под названием «дом со зверями», поскольку украшен красивейшими барельефами, характерных для древних храмов Владимиро-Суздальской Руси. В 1945 по проекту архитектора Б.Л. Топаза дом был надстроен 2-мя верхними этажами. В 2000 г. дом перекрашивают – фигуры делают белыми, а фон – серо-голубым. Из воспоминаний Л. Михайловой: «Дом “со зверями” в [19]70-е годы был огромной коммуналкой с длинными коридорами и множеством комнат. В каждой квартире две кухни на 4 газовых плиты с многочисленными столиками жильцов и несколькими туалетами, очень похожими на городские общественные уборные. При посещении этого дома меня умиляла одна дама с остатками былой красоты на немножко помятом лице и беломором в зубах, в шелковом кимоно с драконами, чинно шествующая в туалет, держа подмышкой личное сиденье для унитаза, именуемое в те времена почему-то “судно”, с ударением на “о”. Там так было принято» [62].



Москва, Чистопрудный бульвар, дом 14, стр. 3, фото 1910-х гг.

В 1952 г. Ю.Е. Сает окончил 313-й мужскую среднюю школу города Москвы³. К сожалению, автор этих строк мало расспрашивал Юлия Ефимовича о его детских и школьных годах. Тем не менее помнится его рассказ об эвакуации в 1941 г. из Москвы на пароходе по каналу Москва-Волга. Над пароходом несколько раз появлялись немецкие самолеты, которые опускались довольно низко, но не стреляли. В детском саду Юлий Ефимович (с его слов) прятался с А.С. Левенбуком⁴. Вспоминал он и 612-ю женскую школу,

³ Здание школы, расположенное в Сверчковом переулке (до 1922 г. – Малый Успенский переулок), было построено в 1936 [129]. В этом здании в июле 1941 формировался 1-й полк 4-й дивизии народного ополчения Куйбышевского района г. Москвы. В 1970-е годы здание было перестроено для Городской клинической больницы № 6 (для ее кардиологического отделения). С 1996 здесь (дом № 5) находится Научно-практический центр кардиоангиологии Департамента здравоохранения г. Москвы.

⁴ Левенбук Александр Семенович (1933–2023) – народный артист Российской Федерации, один из ведущих знаменитой «Радионяни» – образовательной программы для младших школьников на Всесоюзном радио в 1970-х–1980-х

расположенную совсем недалеко от школы № 313, в Потаповском переулке, и, конечно, рассказывал о Чистых прудах – главном, любимом месте встреч друзей и одноклассников. Один из выпускников 313-й школы (учился здесь в 1943–1949 гг.) Л.И. Кранихфельд (известный специалист в области электротехники) пишет в своих воспоминаниях: «У каждого москвича было свое отечество: у Окуджавы – Арбат, у нас – Чистые Пруды» [81]. И приводит сочиненное им в те далекие годы четверостишие:

*И пусть пройдут другие годовщины,
Другие зацветут вокруг сады.
Всё те же мы! Нам целый мир – чужбина!
Отечество нам – Чистые Пруды!*

В воспоминаниях Л.И. Кранихфельда названы имена некоторых учителей, работавших в то время школе № 313: учительница русского языка и литературы Ольга Львовна Волинская, «самый знаменитый» учитель математики Александр Соломонович Ходоров, учительница математики в старших классах Елена Николаевна Ольховикова, директор школы Павел Петрович Шестопалов, преподававший черчение⁵.

В 1957 г. Ю.Е. Саэт окончил знаменитый, очень престижный в то время Московский институт цветных металлов и золота имени М.И. Калинина, получил (решением Государственной экзаменационной комиссии от 10 июня 1957 г.) квалификацию «горный инженер-геолог», специальность – «поиски и разведка месторождений полезных ископаемых» (диплом Л № 032562 от 10 июня 1957 г.). Своим учителем он называл профессора В.М. Крейтера⁶, о котором всегда вспоминал с

годах, актер, режиссер, с 1987 художественный руководитель московского еврейского театра «Шалом». Он, кстати, также учился в школе № 313 (судя по всему, классом старше Юлия Ефимовича).

⁵ Юлий Ефимович очень любил поэзию, его одним из любимых поэтов (если мне не изменяет память) был Афанасий Фет. Добавлю так же, что Ю.Е. *понимал* математику, а среди его давних друзей точно были «профессиональные» математики.

⁶ Крейтер Владимир Михайлович (1897–1966) – геолог, доктор геол.-мин. наук (1940), профессор (1935), заслуженный деятель науки и техники РСФСР (1964). Один из создателей учения о поисках и разведке месторождений полезных ископаемых в СССР. Разработал классификацию промышленных типов месторождений и поисковые геологические критерии, произвел группировку месторождений для целей разведки, послужившую теоретической основой для развития поисковых и разведочных работ в различных районах страны. Окончил Ленинградский горный институт (1928). Преподавал в Московском

большой теплотой. Из другие преподавателей Юлий Ефимович называл профессоров Ф.И. Вольфсона (1907–1989), И.С. Волинского (1900–1962), А.С. Первушина (1888–1966), декана геологоразведочного факультета Д.И. Щеголева (1894–1972). Среди однокурсников



*Москва, Чистопрудный бульвар, дом 14, стр. 3,
фото середины 1970-х гг.*

Ю.Е. Саета были и будущие сотрудники ИМГРЭ и его экспедиций – Е.Д. Астрахан, Ю.И. Булавский, Э.К. Буренков, С.В. Григорян, Э.Ф. Минцер.

Московский институт цветных металлов и золота (МИЦ-МиЗ) был создан приказом по Высшему совету народного хозяйства СССР № 1238 от 17 апреля 1930 г. на базе прежнего факультета цветной металлургии Московской горной академии. Первым ректором (директором) института стал Г.К. Шоханов; с 1946 г. Институт возглавил начальник Главного управления учебных заведений Народного

комиссариата цветной металлургии СССР, кандидат экономических наук Тимофей Павлович Глек (1903–1991). Сперва Институт имел в

геологоразведочном институте (1932–1949) и Московском институте цветных металлов и золота (1932–1949, 1954–1966); зав. кафедрой рудных месторождений и их разведки Университета дружбы народов им. П. Лумумбы (с 1962). Арестован 23 мая 1949 как один из главных обвиняемых по так называемому «красноярскому делу геологов», 28 октября 1950 осужден на 25 лет лагерей. В заключении работал в Красноярске, в геологическом отделе Енисейстроя МВД СССР. Реабилитирован 31 марта 1954.

своем составе два факультета: металлургический и технологический. Позднее в нем были созданы: горный (1932 г.), инженерно-экономический (1933), геологоразведочный (1944), специальный (1950) и иностранный (обучение иностранных студентов, 1951) факультеты; имелось также заочное отделение. В 1930–1932 гг. для Института в Москве (Крымский вал, 3) был построен 4-этажный учебный корпус. Перед Великой Отечественной войной было начато строительство 3-этажного лабораторного корпуса, который был введен в эксплуатацию в 1948 г. В МИЦМиЗ были организованы 38 кафедр и 24 лаборатории (металловедения, металлургические, обработки металлов давлением, металлургических печей, спектрографическая и др.), 27 учебных кабинетов (геологоразведочный и др.), имелись специальные аудитории для демонстрации учебных и научных кинофильмов, диапозитивов. В ведении Института находилось большое студенческое общежитие «Дом коммуны» (здесь за Институтым было закреплено 800 мест). В 1940 г. (7 мая) Указом Президиума Верховного Совета СССР Институту было присвоено имя М.И. Калинина.

В педагогическом коллективе МИЦМиЗ работали крупнейшие ученые в области науки о цветных металлах. Среди них академик АН СССР А.А. Бочвар (зав. кафедрой металловедения, дважды Герой Социалистического Труда, сподвижник С.П. Королева, И.В. Курчатова и М.В. Келдыша); академик АН СССР Г.Г. Уразов (заведующий кафедрой металлургии тяжелых металлов); академики АН СССР М.И. Агошков, А.Г. Бетехтин, А.Н. Вольский, А.В. Николаев; член-корреспондент АН СССР Б.В. Некрасов (заведующий кафедрой общей и неорганической химии; автор очень известного, можно сказать, легендарного учебника по общей и неорганической химии); члены-корреспонденты АН СССР И.Н. Плаксин, Д.М. Чижиков, С.Я. Рачковский; заслуженный деятель науки и техники В.А. Ванюков (один из крупнейших металлургов по цветным металлам в нашей стране); профессора А.И. Беляев, Б.П. Боголюбов, А.Н. Зеликман, М.Д. Ивановский, В.М. Крейтер, А.Н. Крестовников, Д.И. Лисовский, В.М. Лоскутов, Г.А. Меерсон, Н.Н. Мурач, В.А. Пазухин, С.А. Первушин, С.И. Польшин, Г.Н. Попов, Е.П. Прокопьев, А.Ф. Суханов, А.А. Цейдлер и др.

За 30 лет своего московского периода существования МИЦМиЗ подготовил 9487 инженеров для различных отраслей цветной металлургии, а также авиационной, судостроительной, автомобильной и других отраслей народного хозяйства, в том числе 1286 геологов, 1450 горняков, 1080 обогатителей, 2131 металлурга, 2859 технологов и 881

экономиста. На факультете иностранных студентов с 1949 г. обучались тысячи представителей дальнего зарубежья. Среди выпускников Института много крупных ученых, хозяйственных, партийных и государственных деятелей. В частности, МИЦМиЗ окончили: П.Ф. Ломако – нарком и министр цветной металлургии СССР (на протяжении почти 50 лет), Герой социалистического труда, депутат Верховного Совета СССР 2–11 созывов; Е.П. Славский – основатель и бессменный (в течение 40 лет) руководитель атомной промышленности СССР, трижды герой Социалистического труда, лауреат Ленинской и трижды Государственной премии СССР; Д.А. Кунаев – более 30 лет руководитель Казахской ССР, трижды Герой Социалистического Труда; академик Н.П. Лаверов – вице-президент АН СССР и РАН; профессор Д.П. Лобанов – ректор Московского геологоразведочного института; С.М. Кожаметов – вице-президент АН Казахской ССР и многие другие.

МИЦМиЗ был богат на таланты. Так, в годы учебы в Институте неоднократно (1945–1948 гг.) чемпионом СССР по русским шашкам становился И.И. Куперман (выпускник 1949 г.). МИЦМиЗ окончили и некоторое время работали по специальности А.Б. Белявский – актер театра, кино и дубляжа (1955 г.), Ю.А. Рыбчинский – фотограф и фотожурналист (1959 г.), В.М. Арсеньев – журналист, фотограф, художник-карикатурист (1959 г.), Е.Ф. Хохлов, режиссер-документалист, преподаватель ВГИКа (1961 г.) и др.

Постановлением Совета Министров СССР № 1371 от 20 декабря 1958 г. Московский институт цветных металлов и золота имени М.И. Калинина было решено перевести в г. Красноярск и впредь именовать «Красноярский институт цветных металлов имени М.И. Калинина».

После окончания Института Ю.Е. Саэт был направлен (распределен, как тогда говорили) на работу в Централизованную поисково-разведочную экспедицию Геологоразведочного треста № 1 (с 1963 г. Союзного геолого-геохимического треста), затем – Центральная геохимическая экспедиция (ЦГЭ) ИМГРЭ, с 1977 г. – Московская опытно-методическая экспедиция (МОМГЭ) ИМГРЭ. Здесь он проработал до 1977 г. в различных должностях. Вот эти должности, согласно выписки из его автобиографии, хранящейся в архиве ИМГРЭ: август 1957 – апрель 1958 – младший геолог; апрель 1958 – май 1962 – геолог; май 1962 – май 1963 – начальник отряда; май 1963 – январь 1969 – старший геолог; январь 1969 – январь 1972 – начальник партии; январь 1972 – январь 1973 – главный геолог партии; январь 1973 – февраль 1977 – начальник партии.





Апрель 1988 г. День годового - 30-летие окончания института.
 Слева направо (стоят): Эдик Буренков, Эдик Миннер, Нель Шелухин, Володя Найборodin, Толя Тимореев, Алик Разго
 Володя Алексеев, Шмелев, Женя Петрахан, Володя Гончаров, Юля Сает, Сережа Григорян, Ким Стареев, Дима
 Мила Амазозова, Лора Журавлева, Ляся Стареева, Толя Козетков.
 (сидят): Эрнст Басилан, Коля Волков, Нюта Холодкова, Тамара Кукк, Фая Волженна

В 1957–1960 гг. Ю.Е. Сае́т участвовал в прогнозно-поисковых и оценочных работах на редкометальное оруденение в щелочных массивах юга Красноярского края. В 1960–1961 гг. он проводил исследования по оценке бороносности в Туркмении, а с 1962 по 1968 г. занимался разработкой и практической апробацией геохимических методов поисков (по вторичным ореолам и потокам рассеяния) эндогенных месторождений бора в различных районах СССР. Работами были охвачены практически все наиболее перспективные (в то время) для поисков эндогенных месторождений бора регионы страны, отличающиеся разнообразием геологического строения и ландшафтно-геохимических условий и расположенные на Дальнем Востоке (горные хребты Джугджур и Малый Хинган, районы Приморья), в Восточном Забайкалье и Прибайкалье, в Горной Шории, Северном Казахстане, на Северном Кавказе и в Средней Азии (в частности, на Чаткальском хребте в Западном Тянь-Шане).

В пределах каждого региона изучались все встречающиеся здесь типы проявлений эндогенного бора («рудные ландшафты») и «безрудные ландшафты» (геохимический фон). Среди боропроявлений исследовались как потенциально промышленные типы – бораты в магнезиальных скарнах и боросиликаты в известковых скарнах, так и другие – алюмоборосиликатные (в частности, турмалиновые), пока не осваиваемые промышленностью, но очень широко распространенные в природе и поэтому чаще всего встречающиеся при поисках⁷. В ходе этих работ было отобрано и затем исследовано более 12000 геохимических проб.

В результате изучения практически всех известных в СССР эндогенных борных месторождений Ю.Е. Сае́том и его коллегами было разработано методическое руководство по геохимическим методам поисков бора, дана прогнозная оценка на борное сырье различных регионов Советского Союза и опубликована серия статей [21, 82, 133, 134, 165 и др.], в 1968 г. (23 мая) Ю.Е. Сае́т защитил кандидатскую диссертацию на тему «Ландшафтно-геохимические основы

⁷ Считается, что для получения борных продуктов, кроме борных руд, в перспективе не исключена возможность промышленного использования турмалина, который при обогащении многих комплексных руд накапливается в отходах и может быть извлечен в самостоятельный концентрат. Поэтому, несмотря на невысокое содержание в нем B_2O_3 (8–12%) и сложность технологической схемы переработки, при определенных условиях его использование может быть целесообразно [87].

комплексных поисков эндогенных месторождений бора»⁸ [132], а в 1973 г. опубликовал (совместно с Н.Я. Игумновым и Н.И. Несвижской) монографию «Геохимические поиски эндогенных месторождений бора по вторичным ореолам рассеяния» [150].



Ю.Е. Сает, конец 1950-х гг.

Выполненные исследования позволили получить и систематизировать обширный оригинальный фактический материал по особенностям концентрирования и миграции бора (и многих других химических элементов) в различных компонентах геохимического ландшафта, охарактеризовать как условия геохимического фона, так и вторичные геохимические ореолы и потоки рассеяния основных типов месторождений боратов и боросиликатов в скарнах и алюмоборосиликатов, обосновать геохимические критерии выявления и интерпретации аномалий бора, основанные на комплексном изучении его геохимических аномалий (ореолов в рыхлых отложениях и почвах, потоков рассеяния в

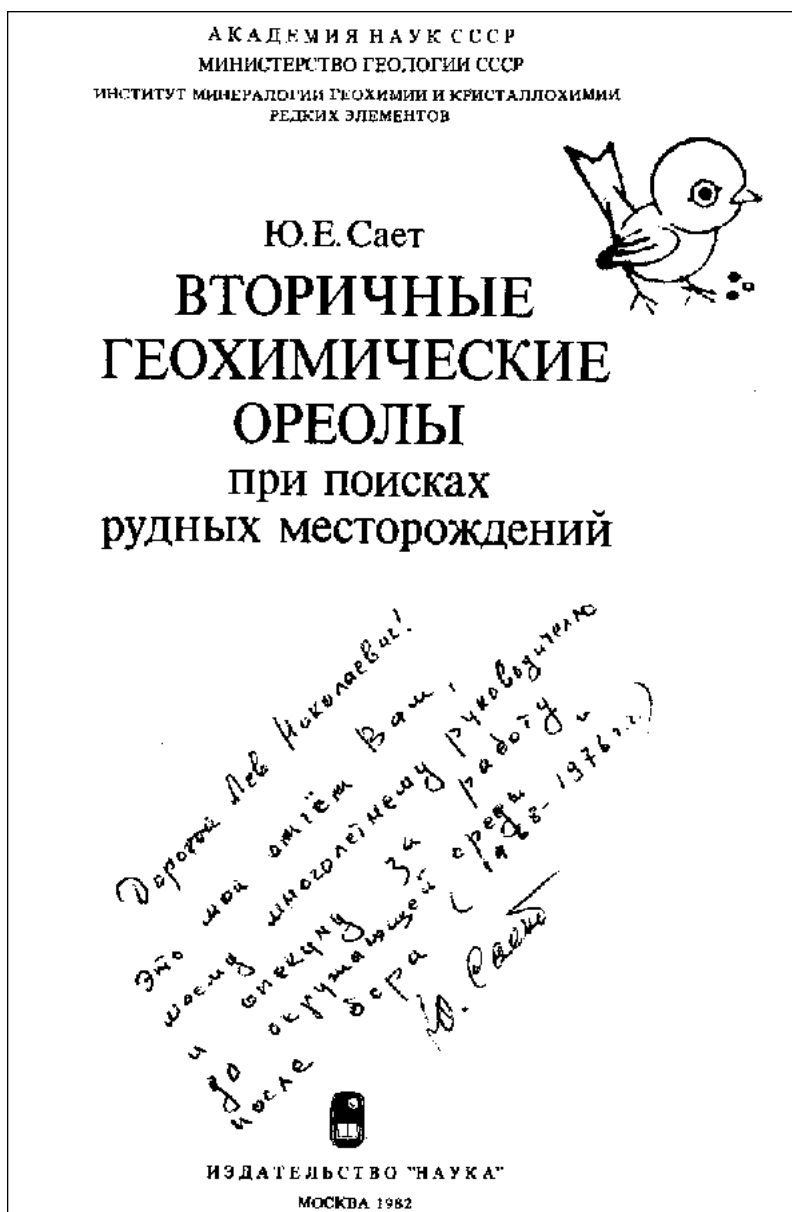
⁸ Решением от 23 мая 1968, протокол № 6, Советом ИМГРЭ Ю.Е. Саету присвоена ученая степень кандидата геолого-минералогических наук; диплом МГМ 004433, 12 июля 1968.

донных отложениях, гидрохимических и биогеохимических аномалий) и изучении форм миграции и нахождения (особенно в почвах), а также предложить рациональную методику поисков бора на различных этапах и стадиях геологоразведочных работ.

Важно отметить, что в основу поведенных работ были положены два принципа, которые впоследствии широко использовались Ю.Е. Сае́том при внедрении геохимических методов для изучения зон техногенного загрязнения и оценки состояния 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. Показательно, что в указанной выше книге [150] приводятся и примеры распределения бора (геохимические аномалии бора в почвах и растениях) на участках, подверженных «искусственному заражению местности».

Значителен вклад Ю.Е. Са́ета в совершенствование геохимических методов поиска перекрытых рудных месторождений. Так, в 1968–1976 гг. им были организованы исследования по изучению распределения металлов и других химических элементов на безрудных участках (т. е. в фоновых условиях) и в пределах рудогенных аномалий различного типа. Важнейшие итоги своих исследований по этой тематике подведены им в хорошо известной многим специалистам книге [138], фактической основой которой явились результаты исследований и опытно-производственных работ на 20 месторождениях и большом количестве поисковых участков (медноколчеданные месторождения Северных Мугоджар, свинцово-цинковые месторождения Центрального Казахстана, меднопорфировые месторождения Прибалхашья, полиметаллические месторождения Рудного Алтая, свинцовые месторождения Закарпатья, медно-никелевое месторождение на Кольском полуострове, Уксинское редкометально-сульфидное месторождение в Карелии). Для проведения работ по данному проекту Ю.Е. Са́етом был сформирован коллектив из 20-ти инженеров и техников (не считая практикантов и рабочих), среди которых были геологи, геохимики, почвоведы, геоботаники, гидрогеологи, химики-аналитики. Одновременно были созданы стационарная и полевая лаборатории по изучению распределения химических элементов и форм их нахождения в почвах и водах, основанные на использовании в основном химических методов анализа. В сущности, аналогичные организационные

подходы, но еще в более широком масштабе позже были применены Ю.Е. Саеом и при организации и проведении эколого-геохимических исследований.



Титульный лист книги Ю.Е. Саеа [138] с его автографом (книга из бывшей личной библиотеки директора ИМГРЭ, члена-корреспондента АН СССР Л.Н. Овчинникова)

В указанной выше книге [138] и в ряде статей [135, 136, 147, 149, 152] детально рассмотрено поведение ассоциаций элементов-индикаторов первичных ореолов и руд в различных обстановках выветривания, а также при формировании вторичных ореолов в склоновых отложениях; излагаются установленные Ю.Е. Саеом закономерности формирования наложенных ореолов, степень их распространенности 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 характер-

истики наложенных ореолов. В своей книге Ю.Е. Сае с особой детальностью рассматривает поведение именно ассоциаций (групп) элементов-индикаторов, что впоследствии было широко применено при изучении техногенных геохимических аномалий (метод техногенных геохимических ассоциаций). Ю.Е. Сае, в частности, отметил, 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 элементов и их соединений, поставляемых источниками, не являющимися обязательным компонентом данного ландшафта. В таком понимании источник поставки вещества в ландшафт сам по себе является аномалией. Такие источники могут быть как природными (рудные тела, их первичные ореолы, горные породы, по тем или иным причинам резко отличающиеся по геохимическим свойствам от вмещающих пород), так и техногенными (выбросы, отходы или стоки промышленных предприятий, средства химизации, вносимые в почву при сельскохозяйственной деятельности, бытовые отходы).

В ходе исследований вторичных геохимических ореолов Ю.Е. Саетом (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 [95]. При апробации различных методов изучения форм нахождения элементов в наложенных ореолах рассеяния было показано, что такие ореолы образуются и достигают дневной поверхности даже в случае значительной мощности перекрывающего покрова (до 100 м). Наложенные (эпигенетические) вторичные ореолы рассеяния формируются в результате миграции газов и вод, осуществляющих в той или иной степени геохимическую связь между коренными породами (вмещающими рудные тела и первичные ореолы рассеяния), перекрывающими рыхлыми аллохтонными толщами и современным ландшафтом. Было установлено, что при образовании наложенных ореолов закрепление химических элементов происходит в ходе эпигенетических преобразований перекрывающих аллохтонных толщ на геохимических барьерах, что обусловлено разнообразными процессами, важнейшими из которых являются: 1) сорбция и ионный обмен (на глинистых минералах, гидроокислах и органическом веществе); 2) осаждение на карбонатном барьере (при выпадении из растворов карбонатов или при их взаимодействии с карбонатными породами); 3) осаждение на окислительном барьере (соосаждение элементов с гидроокислами железа и марганца); 4) осаждение на

восстановительном барьере (образование сульфидов в средах, обогащенных сероводородом); 5) осаждение на щелочно-кислотном барьере (соосаждение с гидроокислами алюминия и кремния); 6) осаждение в результате выпадения в осадок при испарительной концентрации; 7) биологическое накопление.

Основные приемы предложенной методики включают: 1) опробование верхней части гумусового горизонта почв; 2) извлечение солевой формы нахождения элементов-индикаторов ацетатно-буферной вытяжкой, экстрагирующей водно-растворимые соединения, сорбированные элементы, карбонаты и сульфаты, или извлечение органо-минеральной формы; 3) определение элементов-индикаторов в виде того или иного варианта суммы тяжелых металлов; 4) ландшафтно-геохимическая интерпретация данных опробования. На основе данной методики была разработана и апробирована организационно-технологическая схема поисков рудных месторождений в закрытых районах с луговыми и степными ландшафтами, которая позволяет за один полевой сезон проводить весь цикл поисковых работ: выявление геохимических аномалий, их детализацию, интерпретацию и оценку горными работами с привлечением параметров по зоне выветривания или первичного ореола. Апробация этой схемы, проведенная на территориях, перспективных для поисков свинцово-цинковых и полиметаллических месторождений, показала ее высокую геологическую и экономическую эффективность. В частности, Ю.Е. Саэт, оценивая практическое значение наложенных геохимических ореолов рассеяния, указывал на возможность их широкого использования для поисков рудных месторождений на наиболее сложных в этом отношении закрытых территориях. Он показал, что исследования по наложенным ореолам на основе ландшафтно-геохимического анализа позволяют достаточно надежно локализовать перспективные территории, выбрать участки для проведения горно-буровых работ.

Особое внимание в своих исследованиях Ю.Е. Саэт уделял процессам биоконцентрирования химических элементов, а также изучению форм нахождения последних во вторичных ореолах и потоках рассеяния рассеяния. Предложенная им (совместно с Н.И. Несвижской) технологическая схема извлечения из пород и почв важнейших минералого-геохимических фаз, концентрирующих элементы в ореолах рассеяния [151–153], по-прежнему используется в практике прикладных геохимических работ.

В указанных публикациях Ю.Е. Саетом и Н.И. Несвижской было сформулировано понятие о так называемых минералого-геохимических формах нахождения химических элементов, выделяемых по формально-генетическому признаку. Например, важнейшими минералого-геохимическими формами, заключающими элементы-индикаторы во вторичных наложенных ореолах в аллохтонных отложениях, являются: водорастворимые соединения (преимущественно сульфаты и хлориды тяжелых металлов), обменно-сорбированный комплекс, карбонаты и труднорастворимые сульфаты, гидроксиды железа, марганца, алюминия и кремния, органическое вещество, глинистые минералы, сульфиды (гипергенные, преимущественно пирит). Схема так называемого фазового анализа, используемая авторами при изучении форм нахождения элементов во вторичных ореолах рассеяния составлена на основе сопоставления аналогичных схем, применяемых при изучении состава руд, литолого-геохимических и почвенно-геохимических исследованиях, а также в результате собственных экспериментальных разработок. Она предусматривает обработку породы (или почвы) растворителями, последовательно извлекающими все более прочносвязанные соединения: 1) водорастворимые соединения – извлечение водно-спиртовым раствором; 2) обменно-сорбированный комплекс – извлечение спиртовым раствором хлористого калия; 3) карбонаты и водонерастворимые сульфаты – извлечение буферной ацетатной смесью ($\text{pH} = 4,2$); 4) органо-минеральные соединения – обработка перекисью водорода с последующим извлечением ацетатной смесью; 5) гидроксиды железа – обработка реактивом Честера (раствор гидроксил амина соляно-кислого и уксусной кислоты, $\text{pH} = 1,7$); 6) окислы железа (для пород кварц-каолинитового состава) – обработка раствором соляной кислоты; 7) глинистые минералы – водно-механическое выделение фракции менее 0,01–0,005 мм. Позже указанная схема фазового анализа была адаптирована для изучения форм нахождения химических элементов в почвах и донных отложениях в зонах техногенного загрязнения.

В первой половине 1970-х гг. Ю.Е. Сает активно 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.

Ю.Е. Саетом опубликовано более 100 научных работ, составлено несколько десятков научно-методических и научно-производственных

отчетов (табл. 1), а также немало записок-рекомендаций и информационных записок. Он состоял членом диссертационного совета при ИМ-ГРЭ, Научного совета по проблемам биосферы при Президиуме АН СССР (в который, как сказано в одной публикации, «входили лидеры многих естественнонаучных отраслей знания» [230]), Междуведомственного совета по охране окружающей среды при Мосгорисполкоме (с февраля 1977 г. назначен решением Исполкома Моссовета), Комиссии по охране окружающей среды при НТС Москворецкого РК КПСС, ряда других научных и ученых советов. Им подготовлено 7 кандидатов наук, диссертационные работы которых касаются различных аспектов экологической геохимии, геохимической экологии и прикладной геохимии [225].

Таблица 1. Некоторые отчеты по поисковой геохимии, в составлении которых принимал участие Ю.Е. Саэт (хранятся в ФГБУ «Росгеолфонд»)

Название отчета, период работ	Основные авторы
Отчет о поисково-ревизионных работах, проведенных в 1957 г. Тагашетской партией, на редкие и рассеянные элементы в южной части Красноярского края	Фролов А.А., Крылов Е.И., Саэт Ю.Е.
Отчет о поисково-ревизионных работах, проведенных в 1958 г. Тагашетской партией, на редкие и рассеянные элементы в южной части Красноярского края	Букин К.К., Либкинд В.П., Саэт Ю.Е.
Бороносность Малого Хингана и особенности геохимических поисков месторождений бора в этом районе. Промежуточный отчет РТП № 15. Ч. I. Бороносность и геолого-геохимическая характеристика интрузивных и осадочно-метаморфических пород Малого Хингана. Ч. II. Методы геохимических поисков месторождений бора на Малом Хингане, 1962–1966 гг.	Саэт Ю.Е., Горшенин А.Д., Игумнов Н.Я. и др.
Методические особенности геохимических поисков месторождений бора в условиях Северного Казахстана. Промежуточный отчет РМП № 15 за 1963–1965 гг.	Саэт Ю.Е., Лыхин А.Г., Потапова В.И. и др.
Методические особенности геохимических поисков месторождений бора по ореолам рассеяния в почвах в условиях южного Прибайкалья. Промежуточный отчет по теме «Методы геохимических поисков эндогенных месторождений бора по вторичным ореолам рассеяния», 1965 г.	Саэт Ю.Е., Борисов В.Ф., Шадрин Г.А.
Бороносность Малого Хингана и особенности геохимических поисков месторождений бора в этом районе, 1965 г.	Саэт Ю.Е., Горшенин А.Д., Игумнов Н.Я. и др.

Окончание табл. 1

Методические особенности геохимических поисков эндогенных месторождений бора, связанных с известковыми скарнами, в районе Приморского края. Промежуточный отчет РТП № 15 по темам: «Методы геохимических поисков эндогенных месторождений бора по вторичным ореолам рассеяния», «Биогеохимические методы поисков месторождений бора» и «Гидрогеохимические методы поисков месторождений бора», 1963–1966 гг.	Сает Ю.Е., Потапова В.И., Несвижская Н.И. и др.
Методические особенности геохимических поисков эндогенных месторождений бора в Восточном Забайкалье, 1966 г.	Сает Ю.Е., Борисов В.Ф., Несвижская Н.И.
Методические особенности геохимических поисков эндогенных месторождений бора, связанных с известковыми скарнами, в районе Кавказа. Промежуточный отчет РТП № 15 по темам: «Методы геохимических поисков эндогенных месторождений бора по вторичным ореолам рассеяния» и «Биогеохимические методы поисков месторождений бора», 1967 г.	Сает Ю.Е., Игумнов Н.Я., Лебедева Л.А.
Геохимические поиски эндогенных месторождений бора по экзогенным ореолам (методические рекомендации). Отчет по теме «Разработка комплексных методов поисков эндогенных месторождений бора», 1969 г.	Сает Ю.Е.
Разработка геохимических методов поисков по экзогенным ореолам месторождений полезных ископаемых, перекрытых аллохтонными отложениями. Изучение форм нахождения в экзогенных ореолах с целью разработки критериев интерпретации геохимических аномалий. Отчет РТП № 72, 1969–1971 гг.	Сает Ю.Е., Булавский Ю.И., Ефимова Р.И. и др.
Геохимические поиски эндогенных месторождений бора по экзогенным ореолам (методические рекомендации). Отчет по теме «Разработка комплексных методов поисков эндогенных месторождений бора», 1972 г.	Сает Ю.Е.
Методика экспрессного выявления наложенных экзогенных ореолов перекрытых месторождений. Отчет РТП № 15, 1972 г.	Несвижская Н.И., Сает Ю.Е., Цалкина Н.Г.
Совершенствование и внедрение в производство методики оценки перспектив рудоносности участков по гипергенным ореолам и потокам рассеяния, 1973–1976 гг.	Сает Ю.Е., Булавский Ю.И., Грабовская Л.И. и др.

Ю.Е. Сает награжден медалью «За трудовую доблесть», значком «Отличник разведки недр», почетными грамотами Министерства геологии СССР и ЦК Профсоюзов рабочих геологоразведочных работ, грамотой НТО «Горное», медалями ВДНХ СССР (1980 г.), «за выполнение важного задания Мингео СССР» ему 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 со-



Колумбарий Донского кладбища

стояния 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»).

стояния 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»).

⁹ К этому следует добавить, что Ю.Е. Сает также был награжден знаками отличиями, принятыми в то время в СССР: знаком «Победитель соревнования 1-го года 9-й пятилетки» (1975), знаком «Ударник 9-й пятилетки», в 1977 ему было присвоено звание «Ударник коммунистического труда» (официальное почетное звание в СССР, подкреплявшееся вручением удостоверения и значка, а также денежной премии), а в «официальных» характеристиках, подписанных известным «треугольником» (т. е. руководителем организации, секретарем партбюро и председателем Месткома) и хранящихся в его личном деле (Архив ИМГРЭ), сказано, что «в социалистическом соревновании партия (структурное

В 1976 г. направление профессиональной деятельности Ю.Е. Са-
ета коренным образом изменилось, о чем и будет рассказано ниже. Тем
не менее интерес к поисковой геохимии у него не пропал, хотя в ос-
новном и сводился к консультациям – прежде всего молодых – сотруд-
ников «большого» ИМГРЭ и других организаций. Он даже однажды
сказал автору этих строк, что у него есть немало интересных идей в
области поисковой геохимии, на осуществление которых – увы – у
него тогда просто физически не хватало времени.

подразделение – *Е.Я.*), руководимая Ю.Е. Саетом, неоднократно была в числе
победителей», а сам Ю. Е. «неоднократно избирался в члены Местного коми-
тета». В 1976 и в 1983 он находился в краткосрочных служебных командировках
в Чехословакии и Болгарии соответственно.

НАЧАЛО И РАЗВИТИЕ ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Геохимические исследования процессов загрязнения окружающей среды, начатые в ИМГРЭ в 1976 г., отчасти совпали с выходом в свет книги «Геохимия окружающей среды» [16], авторы которой – А.А. Беус, Л.И. Грабовская и Н.В. Тихонова – имели непосредственное отношение к «большому» ИМГРЭ.

Так, известный геохимик и минералог, доктор геолого-минералогических наук, профессор Алексей Александрович 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, член (1970–1980-е гг.) Специализированного совета (по защите диссертаций) ИМГРЭ. Биогеохимик Лидия Ивановна Грабовская долгое время работала в Центральной геохимической экспедиции (ЦГЭ) ИМГРЭ, она – автор книг и статей, посвященных биогеохимическим и геоботаническим исследованиям при поисках рудных месторождений [57–59]. Гидрохимик Нина Викторовна 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 показаны возможности использования геохимических методов для выявления зон техногенного загрязнения (техногенных геохимических аномалий). Безусловно, прямой связи между указанной книгой (она была подписана в печать в июне 1976 г.) и началом широких эколого-геохимических исследований в ИМГРЭ нет, но факт этот, свидетельствующий о внимании хотя бы отдельных сотрудников «большого» ИМГРЭ к проблемам геохимии окружающей среды, сам по себе примечателен.

Больше того, в свое время профессор А.И. Перельман отметил, что возникновение эколого-геохимических исследований именно в ИМГРЭ – закономерное явление [113], поскольку одним из важнейших направлений исследований научного коллектива ИМГРЭ и его научно-производственных подразделений (экспедиций) являлось изучение процессов рудообразования и последующего преобразования

месторождений полезных ископаемых, на основе чего разрабатывались научные основы геохимических методов их поисков и проводились опытно-методические работы по их практической апробации. Как известно, 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 [99–101].



*Москва, Садовническая набережная, д. 71.
Главное здание ИМГРЭ, фото начала 1980-х гг.*

Концентрирование химических элементов в результате действия тех или других процессов может приводить к образованию рудных месторождений, в строении которых схематично можно выделить рудную часть, т. е. собственно рудные тела, и ореольную часть (так называемые первичные геохимические ореолы), т. е. участки окolorудного пространства, обогащенные (или обедненные) определенными компонентами, всегда сингенетичные с рудными телами и представляющие собой их естественные продолжения [185]. В силу различных обстоятельств рудные тела и первичные геохимические ореолы подвергаются

воздействию разнообразных внешних факторов, что активизирует геохимические процессы и обуславливает миграцию вещества рудных тел и первичных геохимических ореолов. В конечном счете это приводит к формированию в зоне гипергенеза геохимических аномалий – вторичных ореолов и потоков рассеяния химических элементов, на изучении которых и основаны геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых [100, 172, 173, 174]. Таким образом, 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. Априори можно предположить, что в ходе распространения загрязняющих веществ, поступающих от техногенных источников (например, с выбросами и сточными водами промышленных предприятий и т. п.), в окружающей среде также образуются (уже техногенные) ореолы и потоки рассеяния (техногенные геохимические аномалии), сходные с таковыми рудных месторождений. Последние, по сути, являются своеобразными моделями зон техногенного загрязнения, тогда как собственно месторождение (рудное тело) выступает в роли «источника загрязнения». В сущности, это и позволило (особенно на начальном периоде прикладных работ и научно-методических исследований) использовать для выявления зон загрязнения окружающей среды методы и приемы поисковой геохимии (прежде всего, геохимическое картирование и геохимические съемки), апробированные при поисках месторождений полезных ископаемых и геолого-съемочных работах.

Надо также отметить, что в ИМГРЭ с начала 1970-х гг. достаточно успешно развивались технологические исследования минерального сырья, в том числе связанные с разработкой технологией комплексного использования новых типов минерального сырья на редкие металлы. Особое внимание уделялось изучению распределения редких элементов в природных углях и продуктах их переработки. Кроме того, ИМГРЭ и его экспедиции располагали мощной (и одной из лучших для того времени) химико-аналитической базой, позволяющей исследовать разные компоненты окружающей среды (руды, горные породы, почвы, донные отложения, растительность, воду и т. д.) на широкий круг химических элементов и их соединений.

Немаловажным, может быть, даже основным было то, что в это время в ИМГРЭ (до начала 1977 г. в МОМГЭ ИМГРЭ) работал Юлий

Ефимович Сае¹⁰, ставший создателем и лидером эколого-геохимического направления. Непосредственно в Институте (с 1977 г.) он (поочередно) возглавлял сектор геохимии окружающей среды, отдел экологической геохимии, лабораторию экологической геохимии, являлся научным руководителем подобных работ и исследований работ в других подразделениях «большого» ИМГРЭ. Уже на начальном этапе геохимических исследований процессов загрязнения окружающей среды, несколько позже получивших название «эколого-геохимических» исследований и заложивших основы экологической геохимии, ярко проявились организаторские способности и исследовательский талант Ю.Е. Саета. К середине 1980-х годов он сумел идейно и тематически сплотить комплексный и действенный коллектив специалистов (более 80 человек из различных подразделений «большого» ИМГРЭ¹¹) разного профиля (геологи, геохимики, 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 СССР.¹²

¹⁰ К этому времени Ю.Е. Сае¹⁰ пользовался заслуженным авторитетом у специалистов в области поисковой геохимии и геохимии ландшафтов.

¹¹ Не считая техников и рабочих, привлекаемых на полевой сезон, а также студентов, проходивших в полевых отрядах производственную практику.

¹² Автор этих строк помнит многих своих коллег по эколого-геохимическим исследованиям, выполнявшихся в то время в «большом» ИМГРЭ, среди которых: Е.Б. Агальцова (Евтеева), Е.С. Айзенфельд, А.А. Акопян, Л.Н. Алексинская, Е.Д. Астрахан, А.И. Ачкасов, Т.В. Бахарева, И.Л. Башаркевич, В.В. Блинов, И.Л. Борисенко, В.М. Боришанский, В.В. Бояркевич, С.П. Бундин, А.А. Волох, И.В. Галицкая, В.Ю. Гвильдис, А.В. Глебов, А.С. Голдин, А.В. Горбунов, С.В. Горшенина, Л.И. Грабовская, О.Г. Григорьева (Кулачкова), А.А. Динерман, Р. Дмитриева, Л.В. Душанина, Р.И. Ефимова, В.А. Жилка, М.Г. Журавлева, А.М. Знаменский, А.В. Иванов, Н.Я. Игумнов, Л.И. Кашина, В.Н. Каширский, Е.С. Киселева, Г.Ю. Краснов, В.В. Кулаков, А.Ю. Малевский, Ю.С. Морсов, Н.Н. Москаленко, Н.И. Несвижская, Б.С. Никколова, Т.Л. Онищенко, Л.Н. Павлова, И.Л. Палей, В.В. Перфильева, И.А. Пурик, Н.И. Разенкова, Б.А. Ревич, С.Б. Самаев, С.Ш. Саркисян, А.Г. Свечников, Р.С. Смирнова, Л.С. Соколов, Т.И. Соколова, В.И. Соловьева, Е.П. Сорокина, Ю.П. Сотсков, С.Л. Страупе, А.М. Стронин, Н.И. Субчев, Л.А. Тадеман, В.Н. Тарфеев, Г.А. Тимошкин, И.В. Токарев, Н.Я. Трефилова, В.И. Тростина, Т.Н. Филина, Т.В. Филиппова, В.А. Чаплин, Ю.Я. Чардина, В.В. Чернова, Р.В. Челищева, И.А. Шиханова, Л.Г. Щема, Н.Б. Янишевская.

В начале 1976 г. у Ю.Е. Саета, тогда еще начальника Экзогенной ревизионно-тематической партии Центральной геохимической экспедиции (РТП ЦГЭ) ИМГРЭ, возникла идея применить геохимические методы, используемые при поисках месторождений полезных ископаемых (прежде всего, геохимическое картирование), для выявления зон техногенного загрязнения в пределах г. Москвы. Идея 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. Экзогенная РТП¹³ под руководством и при непосредственном участии Ю.Е. Саета начала работы по изучению геохимии окружающей среды г. Москвы и ее лесопарковой зоны. Первое геохимическое картирование (почвенный и снежный покровы) было выполнено на территории Кунцевского района столицы [26]¹⁴.

Эта идея появилась не случайно. Дело в том, что в 1969 г. Исполкомом Моссовета было принято решение о постепенном выводе из города Москвы целого ряда так называемых непрофильных предприятий и организаций¹⁵, которые «не имеют перспективы развития в г. Москве, не соответствуют по профилю своей деятельности промышленной и научной специализации столицы, занимают территории, необходимые для строительства жилых домов и нужных городу объектов, отвлекают трудовые ресурсы, наносят вред окружающей среде, загружают московский транспортный узел неоправданными перевозками». В список подлежащих выводу из столицы организаций попала и ЦГЭ ИМГРЭ. Дабы спасти экспедицию от «переселения» за пределы

¹³ Вскоре она была переименована в Опытно-методическую геохимическую партию-5 (ОМГП-5), начальником которой стал Ю.Е. Сает (затем, с весны 1977, ее долгое время возглавляла Л.Н. Алексинская). Основной задачей ОМГП-5 и стало осуществление главным образом прикладных геохимических исследований окружающей среды Москвы и ее ближайшего окружения (в дальнейшем география работ существенно расширилась).

¹⁴ Сает Ю.Е., Алексинская Л.Н., Башаркевич И.Л. Отчет о работах о выявлении зон загрязнения окружающей среды г. Москвы и Московской области токсичными и другими химическими элементами (Экзогенная РТП, 1976–77 гг.). М.: ИМГРЭ, 1977. Это первый отчет «большого» ИМГРЭ по данной тематике, который содержал первые геохимические карты (Кунцевского района, выбранного для начала работ подобной тематики вполне осознанно).

¹⁵ Личное сообщение Б.А. Ревича. Между прочим, за период с 1971 по 1984 в Москве было ликвидировано, перебазировано и выведено из города 185 объектов с общей численностью работающих 20 тыс. человек.

Москвы и возникла идея каким-то образом сделать ее нужной для столицы¹⁶.

2 марта 1977 г. Ю.Е. Сает пишет заявление на имя директора ИМГРЭ члена-корреспондента АН СССР Л.Н. Овчинникова с просьбой допустить его к участию в конкурсе на замещение вакантной должности



*Ю.Е. Сает, весна 1977 г.
(фотография из его «личного дела»,
хранящегося в архиве ИМГРЭ)*

заведующего Сектором геохимии окружающей среды¹⁷. Надо отметить, что в «Характеристике Ю.Е. Саета» (архив ИМГРЭ) от 1977 г., которую подписали начальник ЦГЭ ИМГРЭ А.А. Гармаш, секретарь партбюро Э.К. Буренков и председатель Месткома А.А. Головин, однозначно сказано, что «в 1976 г. Ю.Е. Саеком были организованы и начаты работы по изучению геохимии окружающей среды г. Москвы и Московской области. За короткий срок им осуществлены исследования по широкой программе, получившей одобрение в МГ СССР и Моссовете». Конкурс для Ю.Е. Саета завершился успешно, 8 апреля 1977 г. Мингео СССР утвердило решение

Ученого совета ИМГРЭ о его избрании на вакантную должность заведующего Сектором геохимии окружающей среды (письмо из Мингео СССР подписано Н.П. Лаверовым, который в с 1972 по 1983 г. был начальником Управления научно-исследовательских организаций

¹⁶ Несколько забегаая вперед, скажем, что в 1978 вместо ЦГЭ ИМГРЭ появилась «новая» организация – Московская опытно-методическая геохимическая экспедиция (МОМГЭ) ИМГРЭ (начальником ее стал Э.К. Буренков), а (еще в 1975) в пос. Нижний Бирагзанг (Алагирский район Северо-Осетинской АССР) была организована Центральная опытно-методическая партия ИМГРЭ, которая в декабре 1981 получила статус Центральной опытно-методической геохимической экспедиции (ЦОМГЭ) ИМГРЭ.

¹⁷ Информация о конкурсе была размещена в рекламном приложении к газете «Вечерняя Москва» от 16 февраля 1977.

Министерства геологии СССР и членом Коллегии Мингео СССР¹⁸). Приказом № 92 по ИМГРЭ от 3 мая 1977 г. Юлий Ефимович Сает¹⁹ был утвержден в должности заведующего Сектором геохимии окружающей среды (первые сотрудники – Е.Б. Агальцова, О.Г. Григорьева, Е.П. Сорокина, Н.Б. Янишевская, Е.П. Янин, Н.И. Субчев). Основными задачами Сектора стали разработка геохимической основы методики изучения техногенного загрязнения окружающей среды химическими элементами и установление его важнейших эколого-геохимических закономерностей. 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, заведующим которого стал А.В. Глебов²⁰ – в то время

¹⁸ Лавёров Николай Павлович (1930–2016) – геолог, геохимик, доктор геолого-минералогических наук, профессор. Член-корреспондент (1979) и академик (1987) АН СССР (и РАН). Вице-президент АН СССР (1988–1991) и РАН (1991–2013). Окончил геологоразведочный факультет Московского института цветных металлов и золота имени М. И. Калинина; с 1955 по 1958 учился здесь же в аспирантуре. Ю.Е. Сает был знаком с ним со студенческих времен.

¹⁹ С этого времени и до конца своей жизни Ю.Е. Сает был также научным руководителем практически всех эколого-геохимических работ, выполняемых в «большом» ИМГРЭ.

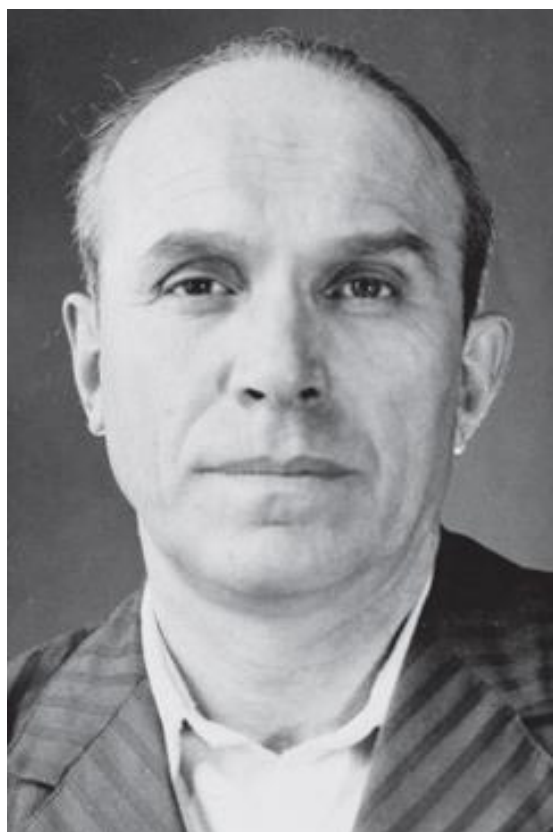
²⁰ Глебов Алексей Владимирович (1923–2009), канд. геол.–мин. наук. Ветеран труда, Отличник разведки недр. Родился в Москве. После окончания в 1941 средней школы в первую неделю Великой Отечественной войны (как доброволец) участвовал в сооружении противотанковых рвов под Смоленском, затем был мобилизован в Красную Армию, воевал на Западном фронте в Подмоскowie в составе взвода пешей разведки 1104-го стрелкового полка 331-й стрелковой дивизии. В 1942 в боях под Москвой получил тяжелое ранение, демобилизован. В 1943 поступил в Московский авиационный институт, в 1946 перешел в МГРИ им. С. Орджоникидзе, который окончил в 1951 по специальности «геология и разведка полезных ископаемых». В 1952–1959 – мнс в Якутской комплексной экспедиции Совета по изучению производительных сил АН СССР. В 1959–1962 работал в Демократической Республике Вьетнам, ст. инженер, затем гл. инженер-консультант по поискам и разведке железорудных месторождений. С 1962 – в ИМГРЭ, мнс, изучал минералого-петрографические и геохимические особенности железных руд и борной минерализации в Полярной Якутии и Ср. Азии. В 1965–1967 командирован Мингео СССР в Республику Мали, гл. инженер железорудной геологоразведочной партии. В 1967–1971 – мнс и ст. инженер ИМГРЭ; в 1971–1974 – начальник ЦГЭ ИМГРЭ; затем снс сектора экономики редкометального сырья ИМГРЭ; в 1976–1980 начальник ОНТИ ИМГРЭ, с 18 декабря 1980 по 1986 – зав. сектором геохимии окружающей среды ИМГРЭ. Автор и соавтор около 30 печатных работ, в том числе 2-х монографий, многих отчетов.

надежный «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. Овчинников²¹, который, таким образом, может считаться автором термина, обозначившего впоследствии новую научную дисциплину.

Награжден «Орденом Отечественной войны 2-й степени», медалями «За оборону Москвы», «За Победу над Германией», «Георгий Жуков» и др. Алексей Владимирович запомнился автору этих строк добрым, отзывчивым, честным, понимающим и порядочным человеком, всегда готовым оказать поддержку и прийти на помощь.

²¹ Овчинников Лев Николаевич (1913–2002) – геолог, геохимик, специалист в области геохимических методов поисков рудных месторождений, радиологических методов геохронологии, экспериментальной геохимии, основатель оригинального научного направления в теории рудообразования; первооткрыватель нового минерала; доктор геол.-мин. наук, чл.-корр. АН СССР (РАН) с 1964. Заслуженный деятель науки и техники РФ, Почетный разведчик недр и Отличник разведки недр. Ветеран труда. В 1937 окончил Уральский госуниверситет им. М. Горького. С 1937 по 1939 – начальник геологического отдела Урало-Сибирского отделения Геолмаркштреста Народного Комиссариата промышленности строительных материалов РСФСР (г. Свердловск), с 1939 по 1942 – аспирант Института геологических наук АН СССР. В 1942 призван в Красную Армию, в 1945 – ст. лейтенант, стажер командира стрелкового батальона 3-го Белорусского фронта. Участник боев за Кёнигсберг. С 1946 по 1962 – зав. Лабораторией минералогии и геохимии Горно-геологического института Уральского филиала АН СССР; в 1962–1966 – директор Института геологии того же филиала, г. Екатеринбург). С 1966 по 1986 – директор, в 1986–2002 – гл. науч. сотр. и профессор-консультант ИМГРЭ. Он создал и в течение ряда лет возглавлял Межведомственный совет по геохимическим методам поисков и Всесоюзную школу по внедрению и развитию новейших достижений геохимической науки в производственную практику; председатель и член различных научных советов и межведомственных комиссий, входил в состав редколлегий геологических и геохимических журналов, возглавлял ряд важнейших научных проблем, утвержденных ГКНТ СССР; свыше 50 его учеников стали кандидатами и докторами геол.-мин. наук. Автор и соавтор около 600 опубликованных работ, в том числе 20 книг. Награжден орденами «Отечественная война 2-й ст.», «Трудового Красного Знамени», «Знак почета» и медалями. В 2003 посмертно, в составе авторского коллектива, удостоен Премии Правительства РФ за создание научных основ развития рудной минерально-сырьевой базы Урала.

Как уже отмечалось выше, в структуре МОМГЭ ИМГРЭ функционировала специализированная (можно сказать, эколого-геохимическая) Опытно-методическая геохимическая партия-5 (ОМП-5), которую с июня 1977 г. возглавила Л.Н. Алексинская. Именно сотрудниками этой партии в 1977–1988 гг. и был выполнен основной объем прикладных эколого-геохимических работ в пределах Москвы и Московской области, а также в других городах и регионах страны.



А.В. Глебов

Осенью 1977 г. в составе БГГЭ (Бронницкой геолого-геохимической экспедиции; начальник С.Ю. Пукарев) ИМГРЭ была создана Лаборатория агрогеохимии почв (начальник С.П. Бундин, первые сотрудники – А.И. Ачкасов, Н.Я. Трефилова, Е.В. Тюркина, Е.П. Янин²²), которая в 1980 г. была преобразована в Агрогеохимический участок в составе ОМП-6 (его вскоре возглавил А.И. Ачкасов).

С 1982 г. работы эколого-геохимической тематики, главным образом в пределах Северной Осетии и района Кавказских минеральных вод, начали выполняться специальной партией (начальник И.В. Токарев, первые сотрудники – Г.А. Тимошкин, Б.С. Никколова) ЦОМГЭ ИМГРЭ (начальник Экспедиции Б.Н. Ачеев).

Первые результаты геохимических исследований (прежде всего, геохимические карты Кунцевского района), выполненных в 1976 г., были представлены в Министерство геологии СССР, в Управление научно-исследовательских организаций. Есть сведения, что именно Н.П. Лаверов предложил ознакомить с этими материалами

²² Автор этой книги начал свою трудовую деятельность в указанной Лаборатории в январе 1978, но уже в марте этого года по инициативе Ю.Е. Саета был откомандирован в распоряжение ИМГРЭ, в сектор геохимии окружающей среды, затем в июне 1980, пройдя по конкурсу, стал младшим научным сотрудником указанного сектора.

председателя Исполнительного комитета Московского городского Совета народных депутатов В.Ф. Промыслова²³ [54]. При содействии начальника Технического управления Мосгорисполкома (в сферу Управления входили проблемы и вопросы городской научно-технической политики) М.Г. Басса²⁴ состоялась встреча Н.П. Лаверова, Ю.Е. Саета и Э.К. Буренкова с В.Ф. Промысловым, на которой пионерские геохимические работы по оценке состояния окружающей среды г. Москвы получили «высокую» оценку. Во многом это, судя по всему, и позволило сохранить ЦГЭ ИМГРЭ (уже как МОМГЭ ИМГРЭ) в Москве. С этого времени геохимические (эколого-геохимические) исследования, проводимые ИМГРЭ и его экспедициями, особенно в 1978–1988 гг., получили организационную поддержку со стороны Исполкома Моссовета (их курировал заместитель председателя Исполкома Моссовета В.И. Коновалов²⁵) и его Технического управления (начальник М.Г. Басс, главные специалисты А.В. Давыдов и Б.С. Козырицкий²⁶).

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

²³ Промыслов Владимир Федорович (1908–1993) – председатель Исполнительного комитета Московского городского Совета в 1963–1986.

²⁴ Басс Моисей Григорьевич (1908–1984) – инженер-строитель, лауреат Ленинской премии (1959). С февраля 1968 по май 1984 – руководитель Технического управления Мосгорисполкома.

²⁵ Коновалов Владимир Иванович (1928–?) – зам. председателя Исполнительного комитета Московского городского Совета депутатов трудящихся (1974–1982), зам. министра автомобильной промышленности СССР (1982–1988), с 1988 на пенсии.

²⁶ Козырицкий Борис Сергеевич – позже зам. председателя Солнцевского райсовета г. Москвы; с 1987 по 1992 начальник Административной инспекции г. Москвы (с 1988 Управление административно-технических инспекций, с 1989 – Объединение городских административно-технических инспекций Мосгорисполкома, в которую входили Административная инспекция, Техническая инспекция, Городская газовая инспекция, Государственная инспекция по маломерному флоту). Затем главный специалист акционерного общества «Усадьба-Центр». Заслуженный строитель Российской Федерации (1999).

первых статей, посвященных применению геохимических методов для изучения загрязнения территории Москвы, ее авторы – руководители ИМГРЭ и МОМГЭ – вполне осознанно и по понятной причине отдадут «пальму первенства» в деле организации эколого-геохимических работ Исполкому Моссовета: «По инициативе Исполкома Моссовета Институт минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов <...> начал проводить прикладные геохимические исследования территорий столицы» [102, 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, так сказать, «хрестоматийной», даже несмотря на то, что инициатива геохимических исследований территории Москвы исходила от вполне конкретного лица, 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.

Тем не менее именно следствием указанной выше встречи (и результатом дополнительных усилий инициаторов эколого-геохимических работ) явилось принятие (в 1978–1987 гг.) Исполкомом Моссовета и Бюро Московского Городского Комитета (МГК) КПСС, Министерством геологии СССР²⁷ и ГКНТ СМ СССР²⁸ целого ряда решений и постановлений, сыгравших 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. Эти исследования, носящие выраженный прикладной характер (особенно в первые годы их проведения) и направленные на разработку геохимических методов выявления зон техногенного загрязнения и оценки состояния окружающей среды, сыграли в то время первостепенную роль в развитии эколого-геохимических работ в СССР. В сущности, именно с этими

²⁷ В 1979 решением коллегии Мингео СССР за ИМГРЭ было закреплено – как новое научное направление – развитие геохимических исследований, связанных с решением проблем охраны окружающей среды.

²⁸ Государственный комитет СССР по науке и технике (ГКНТ СССР) – орган государственного управления СССР, проводивший государственную политику в сфере научно-технической деятельности. В 1965–1980 его возглавлял академик В.А. Кириллин, в 1980–1987 – академик Г.И. Марчук, в 1987–1989 – доктор технических наук Б.Л. Толстых, в 1989–1991 – академик Н.П. Лаверов. 1 декабря 1991 Комитет был ликвидирован.

исследованиями во многом и связан начальный (1976–1988 гг.) этап становления эколого-геохимических исследований в нашей стране [5, 27, 213, 241].



Москва, Большая Тульская, 52, начало 1970-х годов (?). В левом крыле (его на фото, к сожалению, не видно) этого здания располагались ОМПП-5 МОМГЭ и сектор геохимии окружающей среды ИМГРЭ. Во дворе дома находилось одноэтажное здание, где размещалась химико-аналитическая лаборатория МОМГЭ ИМГРЭ. Основную часть здания тогда занимали подразделения ЦНИИ Атоминформ'а. Сейчас здесь расположен Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН (ИБРАЭ)²⁹

Среди указанных выше решений и постановлений необходимо отметить следующие:

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

²⁹ Это конструктивистское здание построено в 1929 (архитектор С.Н. Курабцев), перестроено в 1990-х годах и надстроено мансардным этажом. Раньше здесь располагалась фабрика-кухня № 2 (для рабочих Хлопчатобумажной фабрики имени М.В. Фрунзе) Ленинского треста столовых Московского союза потребителей обществ.

- 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 ЛПЗП³⁰» 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»;

- Распоряжение Мингео СССР № 18-2/647 от 20.06.1980 г. об участии в разработке территориальной комплексной схемы охраны природы БАМ;

- 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»;

- Постановление МГК КПСС и Мосгорисполкома № 2158 от 10.07.1981 г. о природоохранных работах в г. Москве;

- 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»;

- Постановление ГКНТ СССР от 19 ноября 1981 № 440 о плане научно-исследовательских работ на 1981–1985 гг. по созданию и совершенствованию методологических основ управления в области охраны природы. Темы: «О разработке методики и составлении территориальной комплексной схемы (ТКС) охраны природы на примере г. Москвы»; «Разработать комплексные гигиенические показатели

³⁰ ЛПЗП – лесопарковый защитный пояс г. Москвы.

оценки степени опасности загрязнения почв»; «Проведение эколого-геохимической оценки комплекса мероприятий по охране атмосферного воздуха в городах Армянской ССР»;

- Постановление ГКНТ СССР от 31.03.1982 г. № 81 о разработке комплекса научно-технических и экологических мероприятий по охране геологической среды и рекультивации земель, нарушенных деятельностью горнодобывающей промышленности (тема ИМГРЭ: Разработка методики исследований при разведке рудных месторождений для прогнозной оценки изменений геологической среды);

- Рекомендации 2-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».

- Приказ Мингео СССР от 3.08.1982 г. № 305 об организации Крымской динамической модели геологической среды (изучение техногенных геохимических процессов);

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

- Совместное постановление ГКНТ и Госплана СССР от 30.11.1984 г. № 626/294 по рациональному использованию курортных ресурсов и оздоровлению природной среды курортов и зон отдыха на период 1983 – 1985 (тема ИМГРЭ: Разработка методики и проведение комплексной эколого-геохимической оценки некоторых городов Крымского полуострова, Кавказских минеральных вод);

- 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.»;

- Распоряжение Мингео СССР об оказании научно-методической помощи Госагропрому РСФСР в ликвидации последствий аварии;

- 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.».

Уже в 1976–1979 гг. был выполнен (особенно ОМГП-5 МОМГЭ ИМГРЭ) значительной объем прикладных работ и методических исследований в пределах Москвы и Московской области (табл. 2).

Таблица 2. Основные эколого-геохимические работы в Московском регионе, выполненные в 1976–1979 гг. [5]

Год	Основное содержание выполненных работ
1976–1977	Картирование почв по сети 200 х 200 м и снежного покрова* по сети 200–400 х 200 м в пределах Кунцевского района Москвы
1976–1979	Картирование почв и снежного покрова на всей территории Москвы по сети 1 х 1 км
1976–1977	Картирование (почвенный и снежный покровы) в городах Московской области (Подольск, Львовский, Домодедово, Апрелевка и др.)
1977–1979	Картирование почв по сети 200 х 200 м и снежного покрова по сети 200–400+200 м на территории Бауманского района Москвы
1977–1979	Картирование почв по сети 200 х 200 м и снежного покрова по сети 200–400 х 200 м на территории Перовского района Москвы
1978–1979	Картирование почв по сети 200 х 200 м и снежного покрова по сети 200–400+200 м на территории Москворецкого района Москвы
1978–1979	Картирование почв и снежного покрова по сети 100 х 100 м территории лесопарка Лосиный остров
1976–1978	Площадное биогеохимическое опробование 12 видов древесных насаждений и трав на территории Москвы
1977–1979	Начаты работы по изучению состава грунтовых вод (151 скважина) на территории г. Москвы

Окончание табл. 2

1976–1978	В 5 хозяйствах Московской области изучен химический состав основных видов сельхозпродукции при использовании в качестве удобрений компостов ТБО и осадков полей фильтрации
1978–1979	Съемка по донным отложениям (шаг 500 м) р. Москвы (от 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 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)

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

Первый крупный опыт масштабных комплексных прикладных работ и методических исследований, доказавший высокую эффективность эколого-геохимических работ, был выполнен под руководством Ю.Е. Саета для территории города Москвы и его лесопаркового защитного пояса (табл. 3) [141].

Именно эти исследования, в сущности, и определили возможности использования геохимических методов для решения следующих задач:

1) изучение промышленных предприятий, а также различных видов 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 химическими элементами;

3) оценка состояния почв и растительности, в том числе сельскохозяйственной, в связи с воздействием на них промышленных выбросов, использованием бытовых и промышленных отходов в качестве агромелиорантов;

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.

Таблица 3. Объемы работ, выполненных ИМГРЭ при геохимических исследованиях окружающей среды в пределах г. Москвы и лесопаркового защитного пояса в 1976–1979 гг. [5]

Направление работ	Количество изученных объектов	Количество исследованных 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 Москвы в масштабе 1 точка наблюдения на 1 км ² , 2) Обследование 4-х районов Москвы 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 различных 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	2000 проб воды, 1400 проб донных отложений

Окончание табл. 3

Оценка риска заболевания населения в очагах загрязнения	1) Обследование заболеваемости детей в 24 поликлиниках города	Обработано 500000 статистических талонов первичной обращаемости
---	---	---

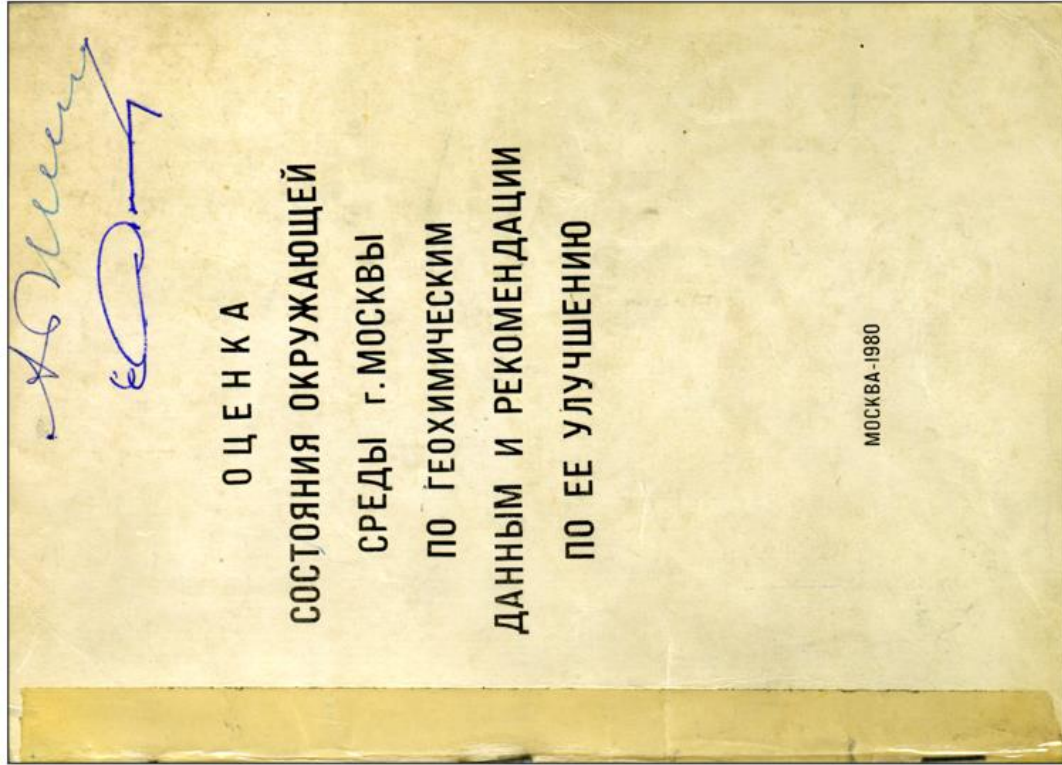
Примечание. Всего отобрано и исследовано 32 тыс. геохимических проб.

Основные результаты работ по геохимической оценке состояния окружающей среды г. Москвы и ее ближайшего окружения сводятся к следующему [141].

1. Твердые бытовые отходы города – мусор, осадки полей фильтрации и осадки сооружений очистки поверхностного стока – отличаются очень высокими концентрациями многих химических элементов, среди которых постоянно отмечаются ртуть, кадмий, свинец, хром, цинк, сурьма и др. Использование подобных отходов в качестве удобрений (компоста из бытового мусора и осадков полей фильтрации) приводит к интенсивному загрязнению почв и сельскохозяйственной продукции.

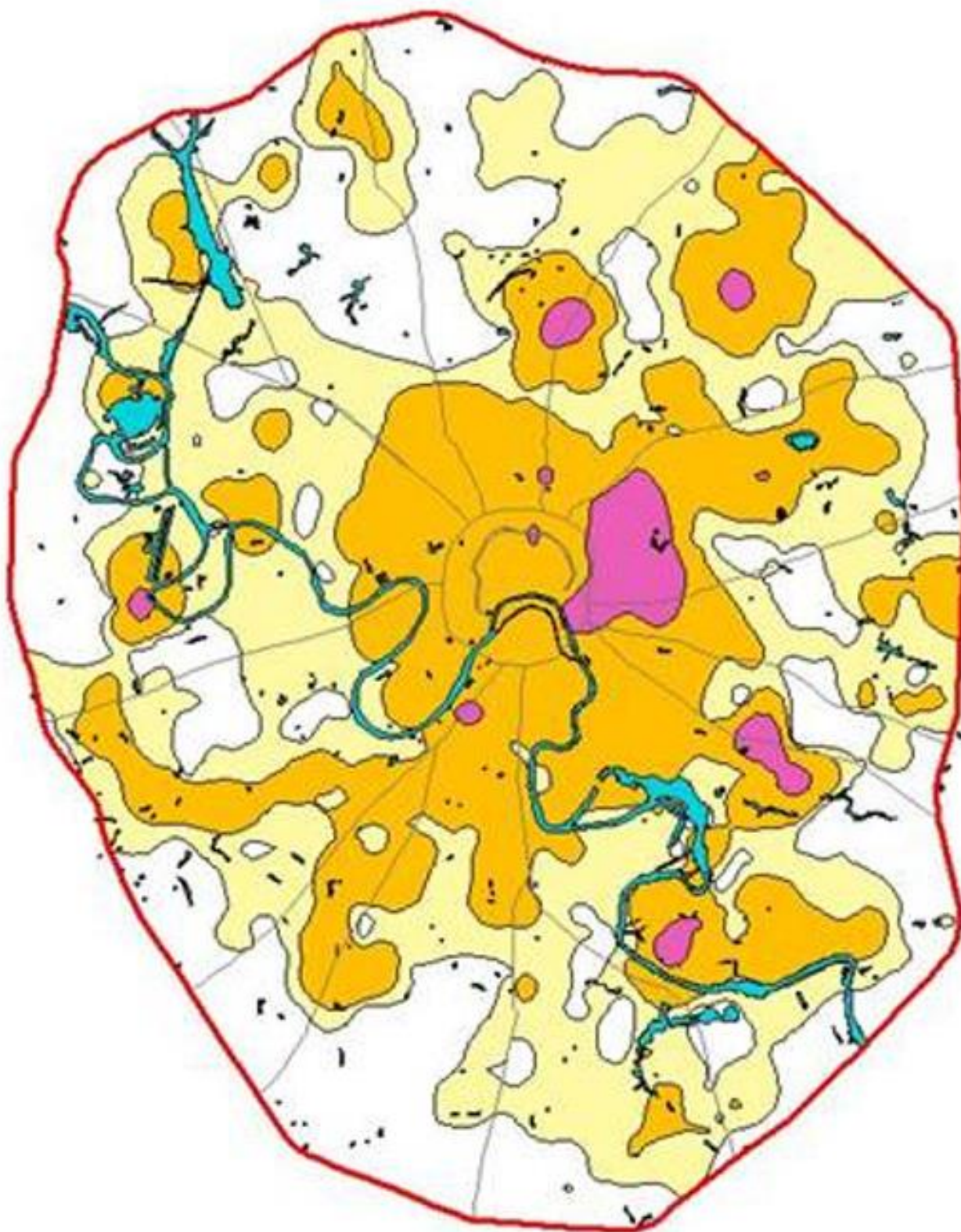
2. В промышленных и некоторых бытовых отходах – осадках очистных сооружений предприятий, промышленной пыли, продуктах сжигания бытового мусора – содержатся высокие содержания и большие запасы широкого круга химических элементов. Для этих видов отходов не разработано пока безопасного захоронения, и они являются источниками мощных потоков токсичных металлов в окружающую среду, прежде всего, в воды.

3. На территории города наблюдаются очаги интенсивного воздействия выбросов промышленных предприятий на жилые районы. Эти очаги формируются аномалиями тяжелых металлов, выявляемыми при геохимическом картировании почв и снежного покрова. Состав техногенных геохимических аномалий отражает особенности загрязнения воздушной среды города. Очаги высокой химической нагрузки на городскую среду связаны с конкретными промышленными зонами и отдельными предприятиями и занимают около 25% площади города. В их пределах нагрузка на окружающую среду ртутью, свинцом, кадмием, хромом, цинком в десятки и сотни раз выше фоновой. В пределах этих очагов сформировались значительные площади почв, загрязненных указанными металлами. Такие почвы являются вторичными источниками загрязнения атмосферного воздуха, особенно в зоне детского дыхания.



О Г Л А В Л Е Н И Е	
ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. Твердые отходы как загрязнители окружающей среды и источники неупотребляемых вторичных ресурсов ценных химических элементов.....	6
1. Геохимическая оценка ситуации.....	7
2. Рекомендуемые мероприятия и исследования.....	18
3. Социально-экономическая оценка рекомендаций.....	21
2. Загрязнение атмосферы промышленными выбросами и зон их воздействия на территории города.....	22
1. Геохимическая оценка ситуации.....	28
2. Рекомендуемые мероприятия и исследования.....	41
3. Социально-экономическая оценка рекомендаций.....	44
3. Загрязнение водотоков москворецкой системы водоснабжения и поверхностного стока в р. Москву в черте города.....	45
1. Геохимическая оценка ситуации.....	48
2. Рекомендуемые мероприятия и исследования.....	56
3. Социально-экономическая оценка рекомендаций.....	58
4. Загрязнение окружающей среды и здоровье населения.....	58
1. Оценка ситуации.....	59
2. Рекомендуемые мероприятия и исследования.....	64
3. Социально-экономическая оценка рекомендаций.....	66
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	66

Основные авторы: Сает Ю.Е., Алексинская Л.Н., Башаркевич И.Л., Грабовская Л.И., Каширский В.Н., Павлова Л.Н., Резич Б.А., Фридман Г.А. Принимали участие: Ефимова Р.И., Журавлева М.Г., Смирнова Р.С., Сорокина Е.П., Стронин А.М., Трефилова Н.Я., Артюхова Л.А., Межуева Г.С., Соколова М.Г.



*Загрязнение территории г. Москвы
(по суммарному содержанию химических элементов в почвах), 1976 г.³¹*

³¹ В 1976 в пределах всей территории г. Москвы проведена геохимическая съемка в масштабе 1:100000 (1 проба на 1 км²) почвенного, в 1977 – снежного покрова. Аналогичные съемки были выполнены повторно в 1986 (почвенный покров) и в 1987 (снежный покров).

4. На состояние водотоков в зоне питания москворецкого источника водоснабжения основное воздействие оказывают сбросы сточных вод промышленными предприятиями в бассейне р. Истры (ртуть, цинк, свинец) и стоки с полей сельскохозяйственных предприятий, использующих высокие дозы минеральных удобрений и ядохимикатов (редкие металлы, редкие земли, марганец, цинк) на водосбора основного русла р. Москвы (от г. Можайска до г. Москвы), р. Рузы, р. Истры.

5. За счет загрязненных почв и сброса недостаточно очищенных стоков промышленных предприятий в поверхностных водах города (притоки р. Москвы, городские пруды) формируются высокие концентрации ряда химических элементов, превышающие иногда предельно допустимые (селен, ртуть, кадмий, цинк, свинец, железо, алюминий).

6. Анализ геохимических карт загрязнения территории города позволил выделить группы населения с повышенным риском ухудшения здоровья под воздействием больших нагрузок различных загрязняющих веществ. В частности, в районах с высокой пылевой нагрузкой установлено, что заболеваемость детей бронхиальной астмой, конъюнктивитом, бронхитом, острым тонзиллитом в 3–4 раза выше, чем в районах с ее невысокой нагрузкой.

7. Важнейшим достоинством геохимических методов изучения территории городов 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.

На основе результатов выполненных исследований были разработаны рекомендации по улучшению окружающей среды в г. Москве.

В 1979 гг. в пределах г. Москвы были выполнены первые исследования по оценке эффективности работы очистных сооружений поверхностного стока с городской территории [4]. Особое внимание (в 1978–1981 гг.) уделялось изучению состава (отходов (стоки, полужидкие шламы, обезвреженные осадки стоков) гальванических производств, образующихся на предприятиях г. Москвы. С этой целью было проведено обследование гальванических цехов и участков около 300 предприятий, относящихся к различным отраслям промышленности [15]. В отходах изучено распределение многих тяжелых металлов. В этот же период времени исследовался состав продуктов сжигания, образующихся на Втором Московском мусоросжигательном заводе, где весь поступающий бытовой мусор сжигался без какой-либо

предварительной сортировки [85]. В 1981 г. начаты исследования распределения органических веществ техногенного происхождения в водных объектах Москвы и Московской области [45].

В последующие годы особое внимание было уделено оценке состояния не только Москворецкого источника водоснабжения г. Москвы, но и других водных объектов, в том числе, перспективных для водоснабжения столицы. Так, в 1984–1987 гг. было выполнено донное опробование (шаг съемки 500 м) р. Волга до Иваньковского водохранилища, водохранилищ Канала имени Москвы (Икшинское, Учинское, Клязьминское, Пестовское, Химкинское) и р. Ока от г. Орла до г. Рязани с режимными гидрохимическими наблюдениями на опорных створах [5]. В 1988–1989 гг. по такой же программе была исследована р. Москва на всем протяжении – от истока до устья.

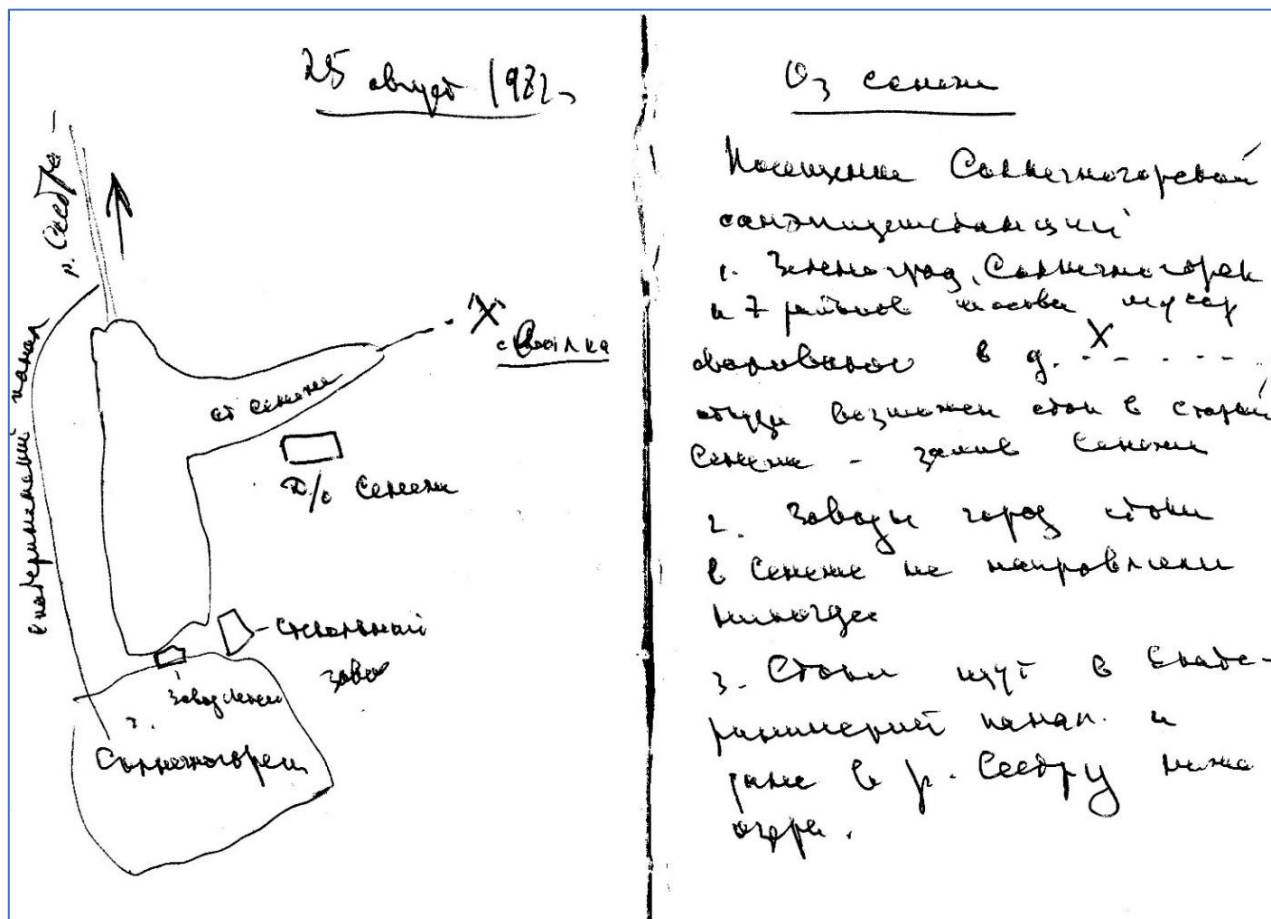
В 1978 г. по инициативе Ю.Е. Саета в ИМГРЭ начинаются масштабные исследования, направленные на установление закономерных связей между распределением химических элементов и их соединений в окружающей среде (проще говоря, уровнем ее загрязнения) и показателями здоровья населения. С этой целью в структуре МОМГЭ ИМГРЭ создается специальное подразделение (Лаборатория биомониторинга), которую возглавил кандидат медицинских наук Б.А. Ревич (ныне профессор, доктор медицинских наук, зав. Лабораторией прогнозирования качества окружающей среды и здоровья населения ИМП РАН), что было тогда чрезвычайно нестандартным событием для, в сущности, геологического института и тем более для его производственной экспедиции. Особое внимание в ходе таких исследований уделялось путям и способам поступления химических элементов в организм человека в зонах техногенного воздействия. В качестве диагностического биоматериала использовались волосы и моча людей, работающих и проживающих на территориях техногенных геохимических аномалий, причем в городах, расположенных в различных климато-географических зонах [120, 121, 127]. Основная цель исследований – установление накапливающихся в организме людей элементов, определение коэффициентов поглощения, выявление зависимостей в цепи: уровни содержания в среде обитания – биоконцентрация, при этом биоконцентрации изучались в следующих четырех группах населения: 1) организованный детский контингент (детские сады), проживающий в пределах техногенных геохимических аномалий; 2) взрослые – персонал этих детских учреждений; 3) рабочие и служащие предприятий (источники загрязнения), не имеющие профессионального контакта с

вредными веществами; 4) рабочие этих же предприятий, имеющие профессиональный контакт с вредными веществами. В г. Москве и многих городах и районах Московской области (а затем и в других регионах и городах СССР) были выполнены исследования по распространению аллергических заболеваний во взаимосвязи с интенсивностью пылевой нагрузки на городские территории, осуществлен сбор большого объема данных о состоянии здоровья детского населения во взаимосвязи с интенсивностью накопления тяжелых металлов в почвах и уровнями их содержаний в атмосферном воздухе и др. [5]. Уже результаты первых работ показали, что существующие в атмосферном воздухе промышленных городов геохимические потоки оказывают негативное воздействие на их жителей (особенно на детей), что отражается в повышении в организме человека концентраций различных химических элементов. Важным является тот факт, что накопление свинца, ртути, фтора, брома в индикаторных биосредах (волосы, моча) начинается уже при их уровнях ниже предельно допустимых санитарно-гигиенических норм, установленных для воздуха населенных мест. Итоги многолетних исследований в этой области позже были подведены Б.А. Ревичем в его докторской диссертации [122].



Б.А. Ревич, поселок Дубровицы, Подольский район, Московская область, экспедиция 1980 г., камеральные работы

Особо следует отметить, что в 1979–1980 гг. в преддверии Олимпийских игр 1980 г. для Олимпийского комитета СССР МОМГЭ ИМ-ГРЭ была выполнена комплексная геохимическая оценка состояния территории 14 олимпийских объектов в г. Москве.



Страничка из полевой книжки Ю.Е. Саева, поездка на оз. Сенеж, 25 августа 1982 г.

Результаты первых работ, выполненных в Москве и ее окрестностях, установили своеобразие техногенного загрязнения (как геохимического явления) и указали на необходимость адаптации методов поисковой геохимии к новым задачам, разработки новых исследовательских приемов и оценочных показателей, привлечения прецизионных химико-аналитических методов, использования достижений и методических приемов других научных дисциплин (прежде всего, 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, уже летом 1977 г. были начаты методические исследования в пределах бассейна р. Пахры (правого притока р. Москвы), где

расположены города Апрелевка, Троицк, Подольск, Климовск, Домодедово, Видное, пос. Львовский, Щербинка и др., а также территории ряда крупных сельскохозяйственных объектов, включая животноводческие комплексы. Этот речной бассейн до середины 1980-х гг. являлся своеобразным опытным полигоном, на котором отрабатывались различные методические приемы эколого-геохимических и экологогигиенических исследований, а также выявлялись важнейшие процессы и последствия техногенного загрязнения окружающей среды.

В середине 1980-х гг. Ю.Е. Саеом ставится задача детального изучения изменения (вариации) химического состава сельскохозяйственных растений (сельскохозяйственной продукции) на природных (фоновых) территориях в зависимости от ландшафтных условий подзоны южной тайги (сперва в пределах Московской области). В данном случае изучались три вида культур (кукуруза, картофель, свекла) в районах, территориально удаленных от промышленных и транспортных источников загрязнения и различающихся по ландшафтно-геохимическим условиям. Рассматривалась неоднородность (вариация) химического состава продукции, обусловленная: 1) региональными различиями условий (на примере ландшафтов моренной и зандровой равнин), 2) особенностями местной миграции химических элементов в геохимически сопряженных ландшафтах, 3) сортовыми особенностями культур, 4) различиями агротехники в хозяйствах государственного и частного сектора [76]. Были также начаты работы по изучению воздействия предприятий по производству минеральных (прежде всего, фосфорных) удобрений на окружающую среду [56], а также по оценке влияния указанных удобрений на интенсивность загрязнения почв и сельскохозяйственной продукции [103].

В 1980–1983 гг. обширный комплекс исследований был выполнен на озере Глубоком и в его окрестностях³². В 1980–1982 гг. в летние периоды 6–10-дневными циклами при помощи аспирационной установки (на большой лесной поляне) в течение 8–10 час. (средний объем прокаченного воздуха 40 м³) отбирались пробы атмосферного аэрозоля (всего получено 26 проб). Здесь же в сезоны 1980–1981 гг. и 1981–1982

³² В 1971 г. озеро Глубокое, расположенное в Рузском районе Московской области в 90 км к западу от г. Москвы, было внесено в перечень особо охраняемых памятников природы ЮНЕСКО как водоем, на котором получена значительная научная информация. На озере расположена старейшая в нашей стране и мире пресноводная Гидробиологическая станция «Глубокое озеро», основанная в 1891.

гг. осуществлялся отбор проб снега (снеговая вода и пыль, осажденная со снегом). Для изучения микроэлементного состава почв на восточном берегу озера были выбраны три площадки размером 50 х 50 м на основных элементах ландшафта – водораздел (элювиальный элемент ландшафта), склон (трансэлювиальный), терраса (трансэлювиально-аккумулятивный). На каждой площадке было заложено по 10 шурфов, расположенных относительно равномерно и с таким расчетом, чтобы охарактеризовать различные позиции микрорельефа. Глубина шурфов – до 120 см, что позволило вскрыть все основные горизонты почвенного профиля, вплоть до переходного к почвообразующей породе горизонта ВС. Отбирались пробы почв, характеризующие каждый горизонт. Кроме того, на расстоянии 5 м от каждого шурфа дополнительно опробовался гумусовый горизонт, что позволило сформировать для каждой площадки специальные («погоризонтные») выборки. Все геохимические пробы исследовались на широкой круг химических элементов, в почвах также изучались подвижные формы тяжелых металлов. Летом 1983 г. непосредственно на самом озере Глубоком в течение почти 2-х месяцев был выполнен комплекс обширных исследований. В частности, на водоеме было организовано 10 стационарных вертикалей наблюдения, на которых пробы воды отбирались до глубины озера в 10 м через 1–2 м, на глубинах от 10 до 20 м через 3–4 м, на глубинах более 20 м через 4–5 м. Таким образом, например, при единовременном опробовании воды отбиралось за 1–2 дня до 60–70 проб (было выполнено несколько опробований с интервалов в несколько дней), характеризующих озерную толщу воды³³. На этих же вертикалях производился отбор проб иловых вод. Была также организована достаточно детальная съемка озерных отложений, в ходе которой представительно отбирались все типы озерных отложений. Пробы воды (раствор и взвешенные вещества) исследовались на широкий круг химических элементов и их соединений, включая органические вещества [232, 252]. Между прочим, в ходе исследования был установлен удивительный факт резкого изменения кислотно-щелочных условий в водной толще озера [75, 252]. Так, результаты наблюдений прошлых лет за активной реакции воды показывают, что во время летней стагнации в эпилимнионе в результате фотосинтеза за счет

³³ Небольшой объем подобных исследований был также выполнен летом 1984 г. на Косинских озерах, а зимой того же года – разовое гидрохимическое опробование водной толщи оз. Глубокого.

уменьшения свободной углекислоты величина рН увеличивается, находясь в пределах 7–8. В мета- и гипolimнионе в течение лета в результате накопления углекислоты рН снижается, достигая у дна 6,5 [198]. Исследования 1983 г. показали, что начиная с первых чисел июля и по 26 июля включительно отмечалось примерно аналогичное распределение значений рН озерной воды. Наблюдения, выполненные 27 июля, показали резкое изменение кислотно-щелочных условий: вся водная толща характеризовалась значениями рН менее 7, причем в эпилимнионе они находились в пределах 4,5–5,5. Аналогичное распределение значений данного показателя (с небольшими колебаниями) наблюдалось до 18 августа 1983 г. Следующий день – 19 августа – характеризовался значениями рН уже типичными для озера. Таким образом, менее чем за сутки кислотно-щелочные условия в озере резко изменились, и – спустя примерно три недели – также менее чем за сутки пришли «в норму». За указанный период каких-либо аномальных изменений в значениях общих гидрохимических показателей не наблюдалось. По данным сотрудников гидробиологической станции, кардинального изменения в планктонных сообществах в этот период также не произошло. Тем не менее следует отметить, что по данным профессора Н.Н. Смирнова (личное сообщение), 13–15 августа 1983 г. в планктоне и фитобентосе оз. Глубокого были отмечены многочисленные десмидиевые водоросли, характерные для водоемов с кислой средой. В частности, у дна озера в зарослях в районе биостанции наблюдались многочисленные *Cosmocladium pulchellum* Breb., а также *Micrasterias cruxmelitensis*, *Xanthidium*, *Closterium*, зигнемовая нитчатка. В планктоне отмечались нитчатые десмидиевые водоросли, а также синезеленые и протококковые. Измерение рН атмосферных осадков, выпавших в это время слабых дождей, не показало отклонения от нормы (значения рН были в пределах 6,8–7). Во избежание аналитических ошибок в течение всего периода постоянно велась корректировка прибора (иономер ЭВ-4) с помощью стандартных растворов. Анализ сохранившихся проб воды, отобранных до 26 июля, показал значение их рН в пределах 7–8. Столь резкое изменение кислотно-щелочных условий для озер такого типа в известной литературе не было описано и однозначно не может быть объяснено. По всей видимости, в силу очень низкой буферной емкости водной массы оз. Глубокое чутко реагирует на любые изменения окружающей среды, обусловленные как внешними, так и внутренними факторами. В частности, не исключено, что столь резкое изменение значений рН может быть связано с

жизнедеятельностью планктона, прежде всего бактериопланктона, и с возможным поступлением в озеро органических кислот с соседних болот, а также с увеличением в силу каких-либо причин количества свободной углекислоты в водах. Вполне возможно и одновременное действие перечисленных факторов, хотя убедительных свидетельств этому пока не имеется. Тем не менее отмеченное явление представляет большой интерес и требует дальнейшего изучения. Не являются ли некоторые данные по кислым озерам, относимые к воздействию кислотных дождей, следствием аналогичных процессов? Возможно также, что данный факт еще раз убедительно показывает, что природные водоемы чутко реагируют на любое воздействие человека. В то же время в них существуют процессы, которые увеличивают их устойчивость к нежелательному влиянию. На это, судя по всему, указывает отмеченное удивительное изменение значений рН воды в Глубоком озере, причины которого требуют объективного объяснения.

К 1987 г. комплексные работы по геохимической оценке состояния окружающей среды были выполнены уже в 20 городах и поселках Московской области; исследованы также резервные площади Москвы: Бутово, Внуково, Жулебино, Косино, Митино, Подрезково, Северный, Солнцево, Толстопальцево, лесопарки г. Москвы: Лосиный остров, Битца, Измайлово, полигоны ТБО – Икша, Лобня, Кучино, Саларьево, Сосенки, Тимохово, Царево, Щербинка, аэропорты Внуково и Домодедово, отдельные участки промышленного, жилищного, дачного строительства и (или) аварийного загрязнения в Москве и Московской области [26, 162, 171]. Был также исследован состав отходов, образующихся на 212 предприятиях в 30 районах г. Москвы, на 123 предприятиях, расположенных в 40 городах и поселках Московской области. В 1977–1989 гг. в пределах г. Москвы проведены исследования химического состава грунтовых вод (151 скважина) и артезианских вод (на 26 водозаборах), выполнено изучение состава вод и донных отложений поверхностных водных объектов (82 городских водоема, реки Москва, Сходня, Сетунь, Яуза, Городня, Нищенка). В период с 1982 по 1991 г. на 14 стационарных площадках, расположенных в основных функциональных зонах г. Москвы, выполнялись наблюдения за уровнем загрязнения снежного покрова; в пределах Москвы стали осуществлять сперва периодические (с 1977 г.), а затем (в 1983–1989 гг.) режимные циклы отбора проб атмосферного аэрозоля на 70 пунктах, а в 1986–1989 гг. аналогичные наблюдения выполнялись в городах Московской области (Звенигород, Коломна, Троицк, Истра, Дулево, Балашиха,

Люберцы, Мытищи. Петрово-Дальнее) [5]. Особое внимание было уделено выявлению источников загрязнения и оценке состояния окружающей среды мемориального лесопарка «Горки Ленинские» и национального парка «Лосиный остров». Работы по эколого-геохимической оценке состояния территории парка «Лосиный остров» впервые были проведены в 1977–1980 гг. В 1986–1987 гг. здесь выполнено повторное картирование почв и снежного покрова [14].

С начала 1980-х гг. география эколого-геохимических исследований, выполняемых различными подразделениями ИМГРЭ, начинает расширяться. Прикладные работы и научно-методические исследования уже проводятся не только в Москве³⁴ и Московской области, но и в промышленно-урбанизированных, горнодобывающих и сельскохозяйственных районах Армении, Украины, Казахстана, Латвии, Литвы, Эстонии, в городах и районах Архангельской, Брянской, Курской, Рязанской, Самарской, Саратовской, Тверской и Ярославской областей, в Краснодарском и Ставропольском краях, в Кабардино-Балкарии, Карачаево-Черкесии, Северной Осетии, Татарстане, Удмуртии и др.

В существенной мере столь обширная география и масштабность эколого-геохимических работ объяснялась, прежде всего, тем, что многие из них, с одной стороны, выполнялись в рамках ОНТП³⁵ ГКНТ СМ СССР. Например, с середины 1980-х гг. исследования проводились в рамках ОНТП 0.85.04. «Разработать и внедрить методы наблюдений, оценки и прогноза состояния природной среды, средств контроля ее качества, источников загрязнения, методы экологического нормирования» на 1986–1990 годы (тема ИМГРЭ 04.04.Н. «Провести анализ состояния загрязнения природной среды, включая биоту, выявить источники загрязнения и разработать мероприятия по оздоровлению окружающей среды в районах, подвергающихся интенсивному антропогенному воздействию») и ОНТП 33. «Разработать научно-методическое обоснование и главные элементы «Литомониторинга СССР» как отраслевой системы изучения, прогноза и контроля состояния геологической среды» (тема ИМГРЭ 33.05. «Разработать методику эколого-геохимической оценки и прогноза состояния окружающей среды для крупных городских агломераций, горнорудных и сельскохозяйственных территорий с интенсивным антропогенным

³⁴ В 1984 в ИМГРЭ был подготовлен (в виде буклета) Эколого-геохимический атлас Москвы.

³⁵ Общесоюзная научно-техническая программа.

воздействием и провести их апробацию на примере градопромышленных комплексов в разных климатических и геологических условиях и при решении других народнохозяйственных задач»). Во-вторых, многие прикладные и исследовательские работы осуществлялись при поддержке «текущих» программ Министерства геологии СССР, на основании специальных заданий и поручений Мингео СССР, других министерств и ведомств страны, постановлений, распоряжений и просьб органов исполнительной власти разных уровней, а также в рамках так называемых «хоздоговоров» с различными предприятиями и организациями.



Ю.Е. Сает и Е.П. Янин, пос. Листвянка, Второй международный симпозиум «Методы прикладной геохимии», 25 сентября – 2 октября 1981 г. (перед экскурсией по озеру Байкал и его берегам)

Например, работы ИМ-ГРЭ и МОМГЭ в пределах Армении (1981–1985 гг.) проводились в связи с постановлением Совета Министров СССР от 1 апреля 1980 г. № 266 «О мерах по усилению охраны атмосферного воздуха в городах Армянской ССР» и постановлением ГКНТ СССР от 19 ноября 1981 г. № 440 «Провести эколого-геохимическую оценку комплекса мероприятий по охране атмосферного воздуха в городах Армянской ССР». Основная цель работ заключалась в выявлении геохимической структуры территорий Еревана, Кировакана, Алаверди, Раздана, Арарата и на прилегающих к ним площадях, очагов загрязнения почв комплексом химических элементов, приоритетными загрязняющими веществами и дальности их распространения, а также их воздействия на растения и

человека. 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 30.11.1983 г. «О рациональном использовании курортных ресурсов и оздоровлении природной среды курортов и зон отдыха». Работы в Центральном Казахстане («Эколого-геохимическая оценка загрязнения ртутью окружающей среды бассейна реки Нуры») осуществлялись в связи с Поручением 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, руководители (начальники полевых экспедиционных отрядов) которых всегда имели соответствующие письма от высших органов власти с просьбой к местным властям и организациям оказывать всяческое содействие. Во многом это была заслуга Ю.Е. Саета, умевшего убеждать соответствующие органы власти в необходимости проведения, прежде всего, прикладных эколого-геохимических исследований. Целый ряд исследований, осуществляемых под руководством Ю.Е. Саета, проводились в рамках распространенных в то время договоров о научном сотрудничестве с различными институтами АН СССР и союзных Академий наук, отраслевыми институтами Мингео СССР, институтами и организациями Минздрава СССР, Министерства сельского хозяйства СССР и др.

В 1978–1988 гг. сперва сотрудниками Лаборатории геохимии почв БГГЭ, затем Агрогеохимического участка (руководитель А.И. Ачкасов) ОМП-6 БГГЭ выполнялись опытно-методические работы с целью выявления геохимических критериев районирования почв и почвообразующих пород в нечерноземной зоне Европейской части СССР, по применению агрогеохимических методов в практике картирования почв Нечерноземной зоны РСФСР, по выявлению геохимических критериев распределения микроэлементов в почвах центральной части нечерноземной зоны РСФСР и их влияния на качество агропродукции, по геохимической оценке состояния почв и растений территории техногенного воздействия различного типа, по выявлению геохимических особенностей агроландшафтов в связи с качеством сельскохозяйственной продукции на примере Московской и сопредельных областей. Проведено также детальное исследование химического состава осадков сточных вод (ОСВ), образующихся на очистных сооружениях 20

городов Московской области (Москва, Раменское, Бронницы, Апрелевка, Коломна, Электросталь, Павловский Посад, Шатура, Серпухов, Орехово-Зуево, Щелково, Наро-Фоминск, Подольск, Сергиев Посад, Воскресенск, Истра, Клин, Домодедово, Зарайск, пгт. Белоозерский). В ОСВ каждого из населенных пунктов достоверно определено присутствие от 23 до 31 химических элементов, а весь наблюдаемый спектр составил 33 элемента [6, 8]. Установлено, что для значительного числа химических элементов типичны весьма высокие концентрации относительно их фоновых содержания в почве. Так, максимальные концентрации Hg выше фоновых более чем в 20000 раз; Cd, Cr, Sn, Zn, Cu, Ag, Bi, Ni – более 100 раз; Pb, Mo, Ba, Sr, W, Be, F, Sb, In – от 10 до 100 раз. Был изучен химический состав различных видов органических отходов птицеводческих комплексов (Томилинская и Бронницкая птицефабрики), комплекса крупнорогатого скота (комплекс «Вороново») и свиноводческого комплекса («Кузнецово») в Московской области [189]. Выполнена оценка состояния удобренных этими отходами почв и состав выращенной на них растительной продукции. Изучено воздействие применяемых в качестве удобрений компостов из твердых бытовых отходов на почвы и сельскохозяйственные растения [10]. Особый интерес представляют исследования влияния микроструктурной неоднородности рельефа сельскохозяйственных (земледельческих) угодий на распределение химических элементов (валовых концентраций и подвижных форм меди, цинка, кобальта, марганца), участвующих в минеральном питании сельскохозяйственных растений. Они установили тесную связь распределения валовых и подвижных форм микроэлементов минерального питания растений с особенностями микроструктуры ландшафта [9]. Кроме того, изучена фоновая вариация микроэлементного состава природной растительности в местных типах геохимических ландшафтов Нечерноземной зоны [7], а также проведена оценка влияния промышленных выбросов на состав почв и качество растительности на приусадебных огородах и дачных участках, расположенных в пределах Московской области в зонах влияния предприятий по производству минеральных удобрений, строительных материалов (включая цементные заводы), по переработке фосфатного сырья [183]. В 1987 г. в соответствии со специальным распоряжением Мингео СССР об оказании научно-методической помощи Госагропрому РСФСР в ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС сотрудниками Агрогеохимического участка выполнены работы по оценке состояния сельскохозяйственных территорий

в некоторых районах Брянской области, направленные на установление ландшафтно-геохимической дифференциации распределения радионуклидов в зоне выпадения радиоактивных осадков [11]. Для получения фоновых характеристик аналогичный комплекс исследований был выполнен в районе Игналинской атомной электростанции (северо-восток Литовской ССР).

В 1983 г. сотрудниками Отдела экологической геохимии ИМГРЭ (совместно с сотрудниками Географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова – И.А. Авессаломовой, М.Н. Петрушиной) были выполнены эколого-геохимические исследования в зоне влияния Тырнеаузского горно-обогатительного комбината (Кабардино-Балкария), функционировавшего на базе известного вольфрамо-молибденового месторождения.

Сотрудниками ЦОМГЭ ИМГРЭ в 1982–1985 гг. в пределах Северной Осетии осуществлялась работа по эколого-геохимической оценке влияния геологоразведочных работ на окружающую среду, а в 1986–1988 гг. – проведено геохимическое картирование (почвенный покров и донные отложения водотоков) всей территории Северной Осетии (масштаб 1:200000). В последующие годы было выполнено эколого-геохимическое картирование г. Владикавказа, а также эколого-геохимическая оценка обстановки в зоне влияния Садонского свинцово-цинкового комбината [1].

Эколого-геохимические исследования оказались чрезвычайно эффективными для изучения и оценки 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 в пределах и окрестностях Анапы, Геленджика, Новороссийска, Дагомыса, Сочи, Мацесты, Ялты и др., грязевых курортов (озеро Саки, озеро Тамбуканское), источников и месторождений минеральных вод (Кисловодск, Пятигорск, Ессентуки, Железноводск и др.). В 1981–1985 гг. МОМГЭ в соответствии с заданием и программой научных исследований по рациональному использованию природных ресурсов и оздоровлению окружающей среды курортов и зон отдыха проводила комплексные эколого-геохимические исследования окружающей среды Крымского полуострова. Особенно большой объем эколого-геохимических работ был выполнен в пределах Ялтинского курортно-рекреационного подрайона и (по запросу Гипрограда, г. Киев)

непосредственно в г. Ялты [105], в городах Симферополе и Саки, а также на Сакском бальнеологическом озере-курорте, которые были начаты в 1981 г.³⁶ (исследования проводились совместно с Украинской республиканской гидрогеологической станцией) [104].

В середине 1980-х гг. определенный объем эколого-геохимические и гигиенических исследования был выполнен в г. Курске [123], часть которых проводилась в содружестве с коллегами из Института географии АН СССР [71]. Особое внимание было уделено ситуации, сложившейся в пределах Южной промышленной зоны города (зона влияния Курского аккумуляторного завода), где было проведено геохимическое картирование почв (верхний горизонт) и снежного покрова (исследовалась пыль, осажденная со снегом), что позволило выделить комплекс химических элементов (геохимическую ассоциацию), связанный с выбросами аккумуляторного завода, и провести зонирование территории по интенсивности проявления техногенных аномалий, т. е. по степени техногенного воздействия. Было также установлено, что в зоне влияния Курского аккумуляторного завода (КАЗ) максимальные уровни Pb, Cd и Ni в приземном слое атмосферного воздуха превышали ПДК в 4–6 раз [40, 123]. Высокие концентрации отмечены также для V, Cr и ряда других металлов. Выявлено, что формирующиеся в снежном и почвенном покровах в зоне влияния КАЗ техногенные геохимические аномалии захватывают жилые районы с индивидуальной застройкой, в пределах которой распространены приусадебные участки. Показано, что экстремальное воздействие неблагоприятных факторов на человека, связанных с аккумуляторным производством, закономерно проявляется для рабочих и служащих заводов, прежде всего, в повышенном накоплении загрязняющих веществ в их организме, в интоксикации и специфических отклонениях в состоянии здоровья. В частности, на аккумуляторном заводе, в цехах (в воздухе рабочей зоны) которого фиксировались высокие уровни тяжелых

³⁶ Показательно, что газета «Правда» откликнулась на проблему озера Саки двумя публикациями: *Кучеренко А.* Озеро требует защиты // Правда, 1982, 8 февраля, № 39, с. 3; *Борисов М.* Отписки-двойники // Правда, 1982, 2 июля, № 183, с. 2. Во второй публикации сказано: «Московская опытно-методическая экспедиция Института минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов Министерства геологии СССР провела исследование донных отложений, рапы и воды озера. Установлено, что в них вредные примеси, содержащие медь, цинк, свинец, никель, хром, марганец, — в значительных дозах. Источник загрязнения один — химический завод».

металлов, отмечалось их интенсивное концентрирование в организме рабочих. У многих рабочих содержания металлов превышали допустимый уровень в моче и физиологический уровень в волосах, достигая в отдельных случаях значений, при которых диагностируются различные интоксикации. Высокие уровни металлов были обнаружены в биосубстратах детей, проживающих в зоне влияния завода. Например, у значительной части обследованных детей концентрации свинца в волосах превышали критический, а концентрации кадмия – физиологический уровень. Влияние выбросов КАЗ на концентрирование металлов в организме людей прослеживалось на расстояние до 2 км. Надо отметить, что аналогичный комплекс исследований примерно в это же время был выполнен и в зоне влияния Подольского аккумуляторного завода [123, 217].

В 1985 г. сотрудниками ЦОМГЭ ИМГРЭ (Северная Осетия) выполняется геохимическое картирование (почва и донные отложения) всей территории округа санитарной охраны Кавказских Минеральных вод. В 1985–1986 гг. в пределах Кисловодского месторождения углекислых минеральных вод сотрудниками Лаборатории экологической геохимии ИМГРЭ выполнен большой комплекс исследований по выявлению источников и масштабов загрязнения минеральных вод [43]. Исследования основывались на детальном опробовании поверхностных, грунтовых, подземных и минеральных вод, а также донных отложений практически всех рек и ручьев района.

Важное направление имели работы, связанные с изучением и оценкой загрязнения окружающей среды ртутью [5]. Так, в 1980–1986 гг. в пределах г. Москвы выполнены три цикла разовых газортутных исследований на все территории города с плотностью 2–10 определений на 1 км², причем на 56 пунктах осуществлялись режимные газортутные наблюдения. В 1983–1986 гг. выполнены разовые газортутные исследования на территории Москвы с плотностью 25 определений на 1 км². В 1984 г. осуществлены суточные циклы наблюдений в помещениях аэровокзалов г. Москвы (Центральный, Внуково, Домодедово, Шереметьево, Быково). Газортутные съемки проводились также во многих других районах, городах и поселках Московской области (Подольск, Львовский, Воскресенск, Электросталь, Наро-Фоминск, Дмитров, Щелково и др.). В 1980–1986 гг. изучено распределение ртути в приземном слое атмосферного воздуха в зонах влияния полигонов размещения твердых бытовых отходов в Московской области (Икшинский, Кучинский, Саларьево, Сосенки, Щербинка, Тимохово).

Особое внимание уделялось экологическим ситуациям, обусловленным загрязнением окружающей среды ртутью, используемой в технологических процессах на заводах по производству ртутных ламп и термометров (в Москве, Ереване, Полтаве, Клину, Смоленске и др.). В Москве работы проводились в зоне влияния Московского электролампового завода [177]. В Ереване исследования были выполнены в зонах влияния электролампового завода и опытного светотехнического завода. Изучалось распределение ртути в атмосферном воздухе, почвах и донных отложениях водотоков [128, 177]. В середине 1980-х годов газортутная съемка была выполнена в Полтаве в зоне влияния завода по производству ртутных ламп [177]. Установлено, что в зону с повышенным содержанием ртути (до 100 нг/м^3) попадают расположенные рядом с заводом жилые кварталы. Высокие уровни ртути фиксировались также в верхнем горизонте почв (вблизи завода до $0,8 \text{ мг/кг}$). Во второй половине 1980-х гг. оценочные эколого-геохимические работы проведены в г. Смоленске (в том числе, в зоне влияния завода по производству ртутных ламп) [64, 177].

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 [206–209, 251].

Общая техногенная эмиссия ртути (в период деятельности завода по производству ацетальдегида в 1950–1985 гг.) в окружающую среду составила здесь не менее 1200 т, что привело к образованию в русле и долине р. Нуры (включая территорию г. Темиртау) обширной зоны загрязнения ртутью. Основными аккумуляторами ртути в долине реки являются техногенные илы, прослеживаемые в русле и его бортах на расстояние 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, в середине 1990-х гг., результаты этих исследований привлекли внимание международных организаций и были продолжены в рамках международных проектов (ИНТАС-Казахстан и ИНКО-Коперникус), которые позволили уточнить масштабы и интенсивность ртутного загрязнения в этом районе и приступить к работам по ремедиации

загрязненных ртутью участков русла реки и прилегающих территорий [221, 234, 235, 242].



*Опробование техногенных илов, р. Нура, Центр. Казахстан, август 1986 г.
Слева направо: И.А. Чернушенко (сезонный рабочий) и Е.П. Янин (начальник
Гидрохимического отряда ИМГРЭ)*

Важно отметить, что, как правило, каждая прикладная работа или методическая тема заканчивались объемными отчетами с многочисленными таблицами, рисунками, геохимическими картами, схемами и т. п., а также информационными записками и записками-рекомендациями, составленными на основе полученных в ходе прикладных работ и научно-методических исследований результатов, которые направлялись в различные городские и государственные органы власти и организации для практического использования. В частности, только по итогам работ в бассейне р. Пахры, о которых говорилось выше, были подготовлены три записки-рекомендации [160, 161, 182] и одна информационная записка [228]. Между прочим, работа по подготовке таких записок давала неоценимый опыт, поскольку нужно было доступным для практических работников и лиц, принимающих решения,

изложить основные результаты прикладных, научных и научно-методических исследований.

В общей сложности за период 1976–1988 гг. «большим» ИМГРЭ только за счет бюджетных средств было подготовлено не менее 70 различных отчетов (некоторые из них – в нескольких томах) эколого-геохимической тематики (табл. 4)³⁷. Практически во всех этих работах Ю.Е. Сае́т являлся научным руководителем и – во многих – непосредственным участником.

Таблица 4. Некоторые отчеты «большого» ИМГРЭ эколого-геохимической тематики, хранящиеся в ФГБУ «Росгеолфонд»

Название отчета, год отчета и (или) период работ	Основные авторы
ИМГРЭ	
Разработка принципов внедрения геохимических методов в практику исследования загрязнения окружающей среды, 1980 г.	Сае́т Ю.Е., Сорокина Е.П., Ачкасов А.И., Григорьева О.Г., Евтеева Е.Б., Субчев Н.И., Трефилова Н.Я., Янин Е.П., Янишевская Н.Б.
Разработка геохимической основы методики изучения загрязнения окружающей среды химическими элементами в условиях Европейской части СССР. В 3-х томах, 1983 г.	Сорокина Е.П., Янин Е.П., Авессаломова И.А. и др.
Составление методических рекомендаций по утилизации отходов мусоропереработки, 1984 г.	Зубков А.А., Малевский А.Ю., Сае́т Ю.Е. и др.
Изучение эколого-геохимических закономерностей загрязнения окружающей среды под влиянием хозяйственной деятельности в урбанизированных и горнорудных районах. В 3-х томах, 1986 г.	Сае́т Ю.Е., Борисенко И.Л., Галицкая И.В. и др.
МОМГЭ ИМГРЭ	
Изучение химического состава поверхностного и подземного стока города и динамики его изменения, 1978–1980 гг.	Алексинская Л.Н., Боршанский В.М., Голдин А.С.
Комплексное геохимическое изучение загрязнения окружающей среды территории отдельных районов или крупных промышленных предприятий города, 1978-80 гг.	Смирнова Р.С., Павлова Л.Н., Игумнов Н.Я.

³⁷ К сожалению, подавляющая часть отчетов имела гриф «Для служебного пользования», некоторые – гриф «Секретно», но таков был порядок тех лет в отношении подобных прикладных работ и научно-методических исследований.

Продолжение *табл. 4*

Геохимическое картирование зон загрязнения окружающей среды. Крымская область, 1978–1981 гг.	Павлова Л.Н., Смирнова Р.С., Боришанский В.М.
Геохимические особенности неутилизованных отходов важнейших промышленных предприятий города и их влияние на загрязнение окружающей среды, 1979–1980 гг.	Башаркевич И.Л., Ефимова Р.И.
Комплексное геохимическое и биогеохимическое изучение очагов загрязнения окружающей среды. В 2-х томах, 1980–1982 гг.	Смирнова Р.С., Игумнов Н.Я., Павлова Л.Н. и др.
Совершенствование методических принципов эколого-геохимической оценки состояния окружающей среды. В 2-х томах, 1980–1983 гг.	Ревич Б.А., Несвижская Н.П., Журавлева М.Г. и др.
Ртуть в приземной атмосфере Москвы и Московской области. Выявление геохимических аномалий различных компонентов в атмосферном воздухе за 1980–1983 гг.	Соколов Л.С., Соколова Т.И., Тарфеев В.Н.
Комплексное геохимическое изучение важнейших водосборов, формирующих воды рекреационного и хозяйственно-питьевого назначения г. Москвы, 1981–1984 гг.	Алексинская Л.Н., Бояркевич В.В., Боришанский В.М.
Геохимическая оценка некоторых видов неутилизованных отходов как источник загрязнения окружающей среды и сырья для получения дефицитных металлов, 1981–1984 гг.	Башаркевич И.Л.
Ртуть в приземной атмосфере Москвы и некоторых других р-нов Советского Союза. Отчет по поисковым работам: Выявление геохимических аномалий с применением высокочувствительных газоанализаторов, 1983–1986 гг.	Соколов Л.С.
Эколого-геохимическая оценка аномалий тяжелых металлов. В 2-х томах, 1983–1986 гг.	Ревич Б.А., Несвижская Н.И., Журавлева М.Г.
Комплексное геохимическое изучение загрязнения окружающей среды Крымского п-ва, 1984 г.	Павлова Л.Н., Смирнова Р.С., Алексинская Л.Н.
Геохимическая оценка некоторых видов неутилизованных отходов как источника загрязнения окружающей среды и сырья для получения дефицитных металлов, 1984 г.	Башаркевич И.Л., Ефимова Р.И., Соловьева В.И.
Геохимическая оценка состояния водных систем основных внешних источников водоснабжения Московской области, 1984–1987 гг.	Алексинская Л.Н., Блинов В.В., Несвижская Н.И.

Продолжение *табл. 4*

Геохимическая оценка окружающей среды г. Москвы, Московской области и некоторых других районов интенсивного хозяйственного освоения на 1983–1985 гг.	Смирнова Р.С., Игумнов Н.Я., Самаев С.Б.
Экологическая оценка промышленных отходов г. Москвы и области, выявление перспектив использования отходов в сельском хозяйстве, 1985–1988 гг.	Башаркевич И.Л.
Эколого-геохимическая оценка техногенного загрязнения окружающей среды Московского региона, 1986–1988 гг.	Ревич Б.А., Волох А.А., Киселева Е.С.
Оценка окружающей среды г. Москвы и лесопаркового защитного пояса по результатам геохимического опробования снега, почв, растительности, 1986–1988 гг.	Смирнова Р.С., Журавлева М.Г., Самаев С.Б.
Геохимическая оценка влияния деятельности промышленных предприятий на окружающую среду отдельных районов УССР, Крымская область, 1987 г.	Павлова Л.Н., Грабовская Л.И., Кубарев Е.Н.
Эколого-геохимическое изучение загрязнения различных компонентов окружающей среды в курортно-рекреационных и промышленных районах, 1987–1988 гг.	Соколов Л.С., Павлова Л.Н., Алексинская Л.Н.
Эколого-геохимическое изучение загрязнения различных компонентов окружающей среды в курортно-рекреационных и промышленных районах. Отчет Опытной-методической геохимической партии № 5 МОМГЭ ИМГРЭ и партии региональных геохимических исследований Комплексной экспедиции ВИМС о результатах поисковых работ, в 1987–1988 гг.	Соколов Л.С. и др.
Экологическая оценка промышленных отходов города Москвы и Московской области, выявление перспектив использования отходов в сельском хозяйстве, 1988 г.	Башаркевич И.Л., Григорук В.Н., Ефимова Р.И.
Эколого-геохимическая оценка Московского региона. (Отчет о результатах работ по изучению эколого-геохимических условий западной части г. Москвы, лесопаркового защитного пояса и Щелковского, Ногинского, Раменского, Домодедовского и Подольского районов), 1991 г.	Соколов Л.С., Смирнова Р.С., Алексинская Л.Н.

БГГЭ ИМГРЭ	
Опытно-методические работы с целью выявления геохимических критериев районирования почв и почвообразующих пород в нечерноземной зоне Европейской части СССР, 1979 г.	Бундин С.П., Трефилова Н.Я. Тюркина Е.В.
Опытно-методические работы по агрогеохимическому картированию почв нечерноземной зоны РСФСР, 1980 г.	Бундин С.П., Ачкасов А.И., Трефилова Н.Я.
Опытно-методические работы по применению агрохимических методов в практике картирования почв Нечерноземной зоны РСФСР, 1982 г.	Ачкасов А.И., Челищева Р.В., Трефилова Н.Я.
Опытно-методические работы по выявлению геохимических критериев распределения микроэлементов в почвах центральной части нечерноземной зоны РСФСР и их влияние на качество продукции, 1984 г.	Ачкасов А.И., Трефилова Н.Я., Челищева Р.В.
Опытно-методические работы по геохимической оценке состояния почв и растений территории техногенного воздействия различного типа, 1984–1987 гг.	Ачкасов А.И., Трефилова Н.Я.
Опытно-методические работы по выявлению геохимических особенностей агроландшафтов в связи с качеством сельскохозяйственной продукции на примере Московской и сопредельных областей, 1988 г.	Ачкасов А.И., Трефилова Н.Я., Хотенов А.В.
Агрогеохимические исследования сельскохозяйственных угодий Ленинского, Люберецкого и Балашихинского районов в пределах лесопаркового защитного пояса г. Москвы, 1989–1990 гг.	Ачкасов А.И., Трефилова Н.Я., Хотенов А.В.
Агрогеохимические исследования сельскохозяйственных угодий Одинцовского, Красногорского, Химкинского, Мытищинского, Пушкинского, Солнечногорского районов в пределах лесопаркового защитного пояса Московской области, 1990–1991 гг.	Ачкасов А.И., Трефилова Н.Я.
ЦОМГЭ ИМГРЭ	
Эколого-геохимическая оценка влияния геолого-разведочных работ на окружающую среду, 1982–1985 гг.	Токарев И.В., Тимошкин Г.А.
Отчет по эколого-геохимической оценке состояния окружающей среды санаторно-курортных зон Северного Кавказа, 1985–1988 гг.	Тимошкин Г.А., Беседина Э.И., Никколова Б.С.

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 закономерностей техногенного воздействия на окружающую среду. Как правило, все отчеты содержали соответствующие разделы, в которых рассматривались методические и научные вопросы использования геохимических методов для изучения техногенного загрязнения окружающей среды и оценки ее состояния. Все производственные, научно-методические и научные отчеты насыщены оригинальным фактическим материалом, характеризующим распределение и поведение широкой группы химических элементов и их соединений в различных компонентах окружающей среды в зонах влияния разнообразных источников загрязнения, что – в то время – уже само по себе имело особую ценность.



На экскурсии в Ильменском заповеднике (Научно-технический семинар «Выявление зон загрязнения окружающей среды токсичными химическими элементами», Челябинск, 1984 г.). Слева направо: Б.А. Ревич, М.Н. Петрушина, И.А. Авессаломова, Е.П. Янин, Ю.Е. Сает, Н.П. Солнцева, Л.Н. Алексинская, Л.Н. Павлова, Е.П. Сорокина

Результаты выполненных работ позволили обосновать важнейшие принципы и методические основы эколого-геохимических исследований³⁸, которые уже в середине 1980-х гг. только организациями Министерства геологии СССР осуществлялись более чем в 40 городах страны [25]. В конце 1980-х гг. они стали выполняться и во многих других городах и районах Советского Союза организациями различных министерств и ведомств.

³⁸ Надо заметить, что в то время в «большом» ИМГРЭ любой отчет по бюджетной или хоздоговорной теме защищался: в Институте – на секции Ученого совета, в экспедициях – на Научно-техническом совете. Во всех случаях были два рецензента, причем один из них – как правило (может быть, даже в обязательном порядке) – из другой организации.

ОБОСНОВАНИЕ ПРИНЦИПОВ И МЕТОДИЧЕСКИХ ОСНОВ ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В СССР практически до начала 1990-х гг., как было уже отмечено выше, существовала, скажем так, многолетняя традиция закрытости и даже секретности сведений, относящихся к загрязнению окружающей среды [83]. Например, в 1980-х гг. диссертации на соответствующую тему защищались, как правило, под грифом «для служебного пользования», а публикации в «открытой печати» допускались только лишь при их полной «обезличенности» с точки зрения пространственной («адресной») 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. п. Подобная «закрытость» нередко доходила до абсурда: так, в научной статье, опубликованной в открытой печати, можно было прочитать, что «исследования выполнялись в зоне влияния крупного вольфрамowo-молибденового месторождения, расположенного на северном склоне Большого Кавказа и связанного с молодыми гранитными массивами»! Все это, безусловно, не только резко снижало научную и информационную ценность публикаций, но и публикационную активность первых советских экогеохимиков.

Тем не менее, даже в таких условиях, Ю.Е. Саеt пытался найти рациональные и эффективные формы систематизации и обобщения полученных результатов и донесения их до максимально широкого круга специалистов. В то время это можно было сделать путем подготовки соответствующих методических рекомендаций (различные варианты методических рекомендаций являлись важным видом открытых публикаций многих научных и научно-производственных организаций, входящих в систему Министерства геологии СССР). В 1982 г. в ИМ-ГРЭ были изданы три выпуска Методических рекомендаций по геохимическим методам оценки загрязнения окружающей среды, в существенной мере основанные на полученном оригинальном фактическом материале.

В первом выпуске Рекомендаций [125] дается общая характеристика проблемы загрязнения химическими элементами окружающей среды городов и их ближайшего окружения, рассмотрены геохимические основы изучения техногенных ореолов рассеяния в городах (процессы образования ореолов, связанных с промышленными выбросами в атмосферу, характеристика ореолов, влияние техногенных

геохимических аномалий на уровень содержания химических элементов в биосредах населения), изложены методика и основные методические приемы изучения техногенных ореолов рассеяния и их влияния на население (изучение геохимического фона, техногенных ореолов в почвах и снежном покрове, выявление связи зон загрязнения и здоровья населения, отбор, обработка и анализ проб, обработка полученных результатов), особое внимание уделено практическим возможностям использования результатов геохимических исследований окружающей среды урбанизированных территорий. Была также показана эффективность применения в подобных исследованиях геохимического картирования, возможности которого выявляются на основе:

- комплексного пространственного изучения рассеяния химических элементов, поступающих от разных источников, во всех компонентах окружающей среды: в миграционных (воздух и воды) и в депонирующих (горные породы почвы, донные отложения, живые организмы);

- использования методов экспрессного многокомпонентного спектрального анализа, позволяющего на значительных выборках исследовать максимально широкую ассоциацию (комплекс) химических элементов (в сочетании с прецизионными исследованиями типоморфных элементов геохимических аномалий);

- прослеживания геохимических связей между компонентами окружающей среды и условиями концентрациями в них химических элементов.

Отмечено, что геохимические исследования окружающей среды могут реализовываться в следующих основных направлениях:

- выявление и комплексная характеристика источников загрязнения окружающей среды химическими элементами;

- прослеживание потоков химических элементов по всем возможным каналам их миграции, оконтуривание вдоль этих каналов зон их возможного влияния на живые организмы и выявление участков депонирования загрязняющих веществ;

- биогеохимическая оценка концентрирования химических элементов живыми организмами как непосредственно в зонах загрязнения, так и с учетом миграции загрязняющих веществ по трофическим цепям;

- выявление динамики загрязнения окружающей среды, скорости и объемов поступления загрязняющих веществ в компоненты окружающей среды;

- установление особенностей минералого-геохимических преобразований при концентрировании химических элементов и определение скорости их дальнейшей миграции.

Второй выпуск Рекомендаций [146] посвящен геохимическим исследованиям источников загрязнения окружающей среды химическими элементами. В них дается общая эколого-геохимическая оценка



Ю.Е. Сае́т, ноябрь 1982 г.

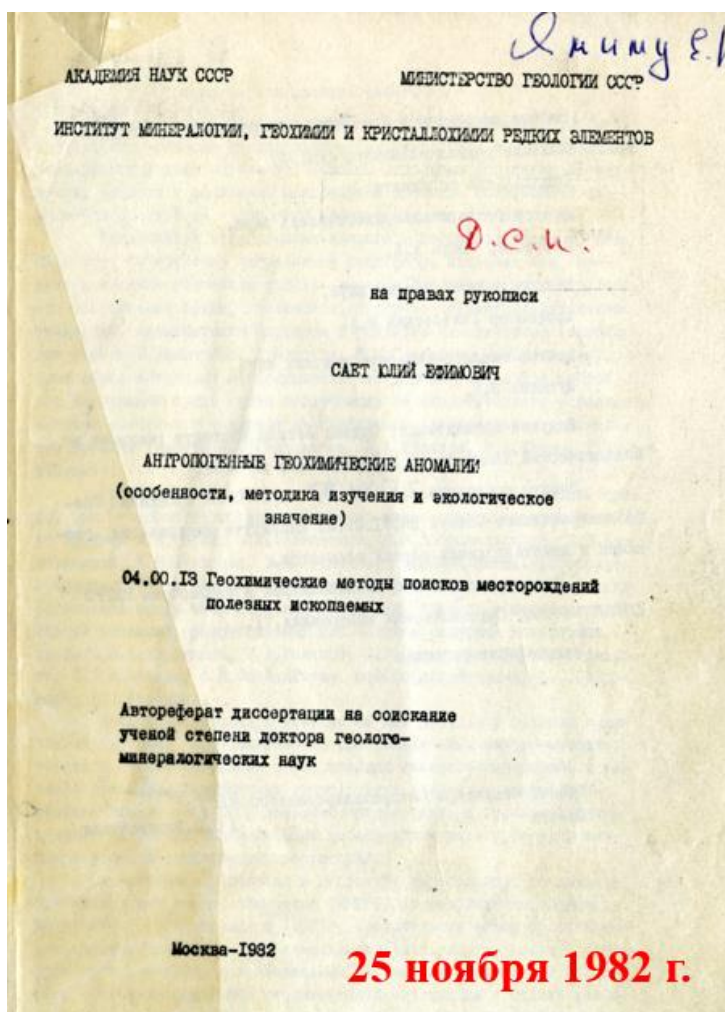
содержаний химических элементов в окружающей среде, характеризуются важнейшие источники техногенного загрязнения (промышленные отходы, коммунально-бытовые отходы, отходы энергетики, средства химизации сельского хозяйства), изложена методика их изучения (отбор, обработка и анализ проб, обработка результатов изучения источников загрязнения), рассмотрены вопросы выявления источников загрязнения, возможности безопасного хранения и использования различных отходов в сельском хозяйстве и как вторичное сырье.

В третьем выпуске Рекомендаций [143] изложены геохимические основы методики изучения

техногенных потоков рассеяния в поверхностных водотоках, рассмотрены важнейшие источники и пути поступления загрязняющих веществ в водные объекты, состав техногенных геохимических аномалий, формирующихся в растворе вод, взвешях и донных отложениях водотоков, пространственно-морфологические особенности потоков рассеяния в донных отложениях рек и водоемов; обоснована методика изучения природного геохимического фона и техногенных потоков

рассеяния в реках, включая отбор, подготовку и анализ проб, а также обработку и интерпретацию данных.

В этом же 1982 г., 25 ноября, состоялась защита докторской диссертации Ю.Е. Саета «Антропогенные геохимические аномалии (особенности, методика изучения и экологическое значение)» [137]. Официальные оппоненты на защите – А.А. Беус, М.А. Глазовская и В.К. Лукашев; ведущая организация – Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского АН СССР.



Обложка автореферата докторской диссертации Ю.Е. Саета с его пометами

Основная цель исследований, поставленная Ю.Е. Саеком в диссертации, состояла в 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 оценке загрязнения окружающей среды химическими элементами и при поисках месторождений полезных ископаемых. Конкретными задачами исследований были: 1) геохимическая оценка основных типов источников загрязнения и интенсивности

создаваемой ими нагрузки на окружающую среду; 2) выявление важнейших особенностей и условий образования техногенных и агрогенных ореолов и потоков рассеяния в урбанизированных зонах и в пределах сельскохозяйственных территорий; 3) проведение сравнительного анализа антропогенных и природных (рудных) геохимических аномалий, установление особенностей миграции в некоторых природных условиях, являющихся модельными для антропогенных

ситуаций (коры выветривания первичных ореолов, эпигенетические ореолы перекрытых месторождений), разработка для этих условий методики выявления и интерпретации геохимических ореолов; 4) оценка интенсивности биогеохимических реакций живых организмов в зонах загрязнения окружающей среды; 5) разработка принципов применения геохимических методов при изучении окружающей среды, выявление и обоснование основных направлений практического использования геохимических данных для разработки природоохранных мероприятий.

Основные результаты исследований, изложенные в докторской диссертации Ю.Е. Саета, 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 при использовании отходов как агромелиорантов.

3. Рудогенные геохимические аномалии характеризуют природные экстремальные экологические ситуации, возникающие

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

4. Техногенное воздействие приводит к образованию в окружающей среде аномальных геохимических полей, состоящих из серии взаимосвязанных 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 химических элементов не уступают и нередко превосходят экстремальные природные геохимические ситуации – биогеохимические провинции рудных районов.

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

В 1985 г. в ИМГРЭ издаются Методические рекомендации по геохимической оценке состояния поверхностных вод [166], в которых изложены геохимические основы методики исследований при оценке состояния поверхностных водных систем на локально-региональном уровне (особенности геохимических закономерностей распределения загрязняющих веществ в водных системах и методические задачи их

изучения, комплекс химических элементов в зонах загрязнения и анализ приоритетного списка ингредиентов загрязнения, формы нахождения и миграции химических элементов в водных потоках как основа методики отбора и обработки водных проб и интерпретации данных опробования, динамика распределения химических элементов в водных потоках и обоснование частоты наблюдений за состоянием вод, пространственное распределение химических элементов в водном потоке как основа для выбора участков стационарных наблюдений и оценки зоны влияния источников загрязнения), а также обоснована методика исследований при детальной геохимической оценке состояния поверхностных водных систем (общая структура исследований, отбор и обработка проб воды, организация химико-аналитических работ, обработка данных).

В 1986 г. выходят в свет Методические рекомендации, посвященные геохимическому анализу загрязнения окружающей среды в горнорудных районах [154]. В них дается геохимический анализ загрязнения окружающей среды в горнорудных районах (основные цепи распространения загрязняющих веществ, руды и первичные ореолы как источники поставки химических элементов в окружающую среду, ее загрязнение в результате производственных выбросов в атмосферу, загрязнение водных систем, природные гипергенные геохимические аномалии рудных месторождений как зоны загрязнения, эколого-био-геохимическая оценка геохимических аномалий и др.), определены задачи и требования эколого-геохимического изучения месторождений на стадии их разведки, обоснована методика эколого-геохимических исследований при проведении геологоразведочных работ (стадийность, виды и общая характеристика исследований, нормативные материалы, технология полевых, камеральных и химико-аналитических исследований), обозначены важнейшие природоохранные мероприятия, базирующиеся на геохимических данных. Особо следует отметить, что в 1986 г. Ю.Е. Саев в специальной статье подробно рассмотрел возможности использования эколого-геохимических данных в соответствии с существующими в то время требованиями к содержанию геохимических исследований по стадиям геологоразведочного процесса [140].

В указанных выше Рекомендациях была также обоснована система геохимических и эколого-геохимических показателей состояния окружающей среды и оценки 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 хозяйственно освоенных территорий, а ссылки на них встречаются в литературе и в наши дни.

В 1981 г. непосредственно в ИМГРЭ выходят три сборника научных трудов, содержащих несколько статей эколого-геохимической направленности [46, 97, 98]. В 1982 г. издается сборник ИМГРЭ, уже полностью посвященный эколого-геохимическим проблемам [69], в 1984 г. выходят в свет сразу два сборника научных трудов эколого-геохимической тематики [68, 89], в 1987 г. – тематический сборник, посвященный методам определения химических элементов в объектах окружающей среды [90], в 1989 г. – сборник научных трудов, в которых рассматриваются особенности применения биогеохимических методов при изучении окружающей среды [17]. В указанных сборниках были опубликованы статьи не только сотрудников ИМГРЭ и его научно-производственных 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 последующие годы Ю.Е. Саеом и его сотрудниками (в том числе, в содружестве со специалистами других ведомств и организаций) были подготовлены и опубликованы другие работы, посвященные методическим вопросам геохимического изучения окружающей среды, оценке влияния химических элементов на здоровье человека и использованию полученных результатов в практических целях [88, 86, 117, 124, 175]. 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 Министерству геологии СССР).

Большое внимание Ю.Е. Саеом уделял анализу отечественной и зарубежной литературы, 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. В те годы выписывались практически все информационно-библиографические издания (прежде всего, реферативные журналы) по проблеме окружающей среды, геохимии и геохимическим методам, издаваемые ВИНТИ ГКНТ СССР и АН СССР. Реферативные журналы выписывались даже в 2-х экземплярах – один оставался как контрольный, второй – использовался для формирования библиографической картотеки.

8.72.398. Распределение и химические свойства 21 элемента в речной воде на острове Якушима [Япония]. Distribution and Chemical Behavior of 21 Elements in River Water in the Yakushima Island. Tanizaki Y., Nagatsuka S. «Bull. Chem. Soc. Jap.», 1983, 56, № 2, 619—624 (англ.)

Денис
Изучение содержания и распределения хим. элементов на территориях, не подвергнутых антропогенному воздействию, является чрезвычайно важным для понимания принципов их геохим. поведения и установления естественных фоновых содержаний в различных природных объектах. В связи с этим провели определение содержания 21 хим. элемента в речной воде о. Якушима (Япония). Этот остров, сложенный в основном гранитами, не подвергается сколько-нибудь значительному загрязнению в связи с небольшим населением и отсутствием крупных городов и пром. предприятий. Реки в течение всего года имеют быстрое течение

Фрагмент страницы реферативного журнала с пометами Ю.Е. Саета

Особо надо отметить, что в 1987 и в 1989 г. в издательстве «Мир» под научной редакцией Ю.Е. Саета были опубликованы переводы двух монографий, которые (если судить по их цитируемости) и сейчас пользуются большим спросом у специалистов [70, 92].

Начиная с середины 1980-х гг., научные и научно-методические итоги эколого-геохимических исследований стали подводиться в форме кандидатских диссертаций (научным руководителем соискателей ученой степени был Ю.Е. Сает)³⁹.

³⁹ В 1983 г. кандидатскую диссертацию (научный руководитель Ю.Е. Сает), посвященную разработке методов экспрессного выявления наложенных экзогенных геохимических ореолов перекрытых сульфидных месторождений, защитила Н.И. Несвижская [94].

Так, в 1985 г. состоялась защита кандидатской диссертации Е.П. Янина (оппоненты Г.А. Голева и Н.Н. Сочеванов⁴⁰) [203]. Основная цель работы заключалась в установлении геохимических закономерностей формирования антропогенных (техногенных) потоков рассеяния в малых реках в зонах влияния различных источников загрязнения. Для ее решения были поставлены следующие задачи: 1) установление уровней содержания химических элементов и их соединений в речных водах и отложениях в пределах фоновых участков гидросети, 2) выявление и анализ геохимических процессов распределения и миграции химических элементов и их соединений в речных водах в зонах загрязнения, 3) определение специфики состава техногенных потоков рассеяния химических элементов в речных отложениях в зависимости от типа производственной деятельности, 4) установление структурно-морфологических особенностей техногенных потоков рассеяния химических элементов в донных отложениях водотоков в зонах влияния промышленных и сельскохозяйственных центров и отдельных предприятий, 5) анализ форм нахождения тяжелых металлов в донных отложениях (техногенных илах) на участках выявленных техногенных геохимических аномалий (в зонах загрязнения) и оценка экологической роли донных отложений (техногенных илов) как источников вторичного загрязнения водной массы, 6) разработка методической основы использования геохимических методов и приемов для изучения и оценки техногенного загрязнения водных систем и обоснование основных направлений практического применения полученных данных.

⁴⁰ Автору этих строк посчастливилось очень близко общаться с Николаем Николаевичем Сочевановым (1910–1996). Это «человек сложной и интересной судьбы, прошедший через тяготы и лишения своего поколения, один из когорты зачинателей геохимических работ для поисков месторождений полезных ископаемых, подвижник и энтузиаст биолокации, как одного из оригинальных направлений интерпретации сложных биоэнергетических и геохимических феноменов. Свой геологический путь он начал в 1930 г. коллектором Геофизического института в Ленинграде, затем работал в различных должностях (начальник партии, главный геолог, ст. научный сотрудник, зав. лаборатории, зам директора) многих производственных организаций (группа партий Казахского геологического треста, различные комбинаты и Управления Дальстроя, трест Союзспецразведка) и НИИ (Геофизический институт, ВСЕГЕИ, ВИРГ, ВИМС, ИМ-ГРЭ)» [55, с. 103]. Награжден орденом «Знак Почета», медалями «За трудовое отличие», «За победу над Германией в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.», юбилейными медалями, в числе которых медаль «Ветеран Золотой Колымы».

Основной фактический материал был получен при изучении бассейна р. Пахры (Московская область), территория которого характеризуется высокой степенью техногенного освоения, проявляющегося в сочетании промышленных центров (гг. Подольск, Домодедово, Климовск, Щербинка, Троицк, Апрелевка, Видное, поселки Львовский, Троицкий, Бутово, Внуково и др.) и узлов с чисто сельскохозяйственными (земледельческими) местностями и крупными животноводческими комплексами. Кроме того, было изучено распределение химических элементов в р. Москве (выше Можайского водохранилища), а также на участках различных рек в зонах влияния других городов и поселков Московской области (города Щелково, Обухово, Волоколамск, Высоковск, Верея, Воскресенск, Коломна, Зарайск, Дмитров, Вербилки, Кашира, поселки Хорлово, Карасево, Лотошино, Катуар и др.). Основные результаты исследований сводятся к следующим положениям: 1) Поступление химических элементов и их соединений в водотоки от техногенных источников многократно превышает природное, резко отличается от него динамическими параметрами, формами нахождения элементов и составом геохимических ассоциаций (обычно преобладают химические элементы с малым кларком и повышенной токсичностью). Техногенное воздействие проявляется также в формировании разнообразных и не характерных для данного водотока (данной природной зоны) типов вод («гидрохимической пестроты») и в развитии комплексных по составу геохимических аномалий, фиксирующихся в растворенных и взвешенных формах химических элементов. Для многих элементов (особенно тяжелых металлов) ведущее значение имеет концентрирование во взвешенной форме, что связано как с повышенными (часто очень резко) их содержаниями в речной взвеси, так и с увеличением в техногенных потоках общего ее количества. 2) Закономерности распределения и миграции химических элементов в водном потоке (в реке) определяются наличием в нем двух зон – зоны смешения сточных и речных вод и зоны распределения техногенных веществ природными факторами миграции. Для первой зоны характерны высокая изменчивость концентраций элементов на коротких интервалах времени (часы – сутки) и нестабильность соотношения основных форм миграции (растворенных и взвешенных) и форм нахождения в растворе речных вод и в составе речной взвеси. Динамические характеристики миграционного потока хорошо коррелируют с режимом поступления химических элементов и их соединений от источников загрязнения, уровни содержания загрязняющих веществ определяются степенью

разбавления стоков речными водами и интенсивностью механического (гидравлического) осаждения взвеси. Вторая зона отличается уменьшением пространственно-временных флуктуаций содержаний элементов, стабильным соотношением их миграционных форм и иногда геохимической (пространственной) зональностью. Распределение химических элементов в водной массе определяется скоростями осаждения взвеси, сорбции из раствора и процессами вторичного поступления из донных отложений (прежде всего, из техногенных речных илов). 3) Параметры и морфология зон воздействия источников загрязнения на водотоки наиболее полно фиксируются в донных отложениях (техногенных илах). В них формируются полиэлементные геохимические аномалии, отличающиеся высокой корреляцией пространственного распределения химических элементов и преобладанием их подвижных форм (сорбционно-карбонатных, органо-минеральных, связанных со свежесосажденными оксидами и гидроксидами железа и марганца) нахождения. Морфологические особенности техногенных потоков рассеяния связаны с русловой дифференциацией аллювия, что во многом определяет неоднородную структуру техногенных геохимических аномалий в водотоках. 4) При изучении загрязнения водотоков химическими элементами эффективно применение комплекса геохимических методов и методических приемов: геохимическое картирование донных отложений, выявление литохимических потоков рассеяния, дифференциация источников загрязнения по типам и уровням воздействия, оценка состояния вод на участках выявленных техногенных геохимических (литохимических) аномалий путем проведения динамических (не менее 10 дней подряд в основные фазы водного режима) наблюдений, прослеживание гидрохимических аномалий с установлением форм миграции химических элементов, оценка техногенных речных илов (на основе изучения форм нахождения элементов) как вторичного источника загрязнения водной фазы и биоты.

В 1987 г. кандидатскую диссертацию (оппоненты Н.Ф. Глазовский и В.П. Учватов) защитил А.И. Ачкасов. Работа посвящена изучению трансформации химических свойств агроландшафтов в результате проведения химической мелиорации [6]. Для этого были поставлены следующие задачи: 1) Выявление изменения микроэлементного состава и химических свойств и оценка загрязнения агроландшафтов. 2) Установление причин и факторов, определяющих геохимическую и пространственную дифференциацию распределения микроэлементов в агроландшафтах. 3) Выявление экологической реакции

сельскохозяйственных растений на изменение химических свойств почв. Основной фактической базой для диссертации явились материалы, полученные при изучении агроландшафтов пригородной зоны г. Москвы, характеризующейся высокой степенью освоения и химического мелиорирования земель с использованием разнообразных органико-минеральных удобрений и ядохимикатов. Этот район также представляет собой одну из наиболее обширных в регионе зон поливного земледелия на местном стоке с использованием в этих целях вод рек Московской области (р. Москва, Пахра и др.), испытывающих на определенных участках воздействие промышленных городов и поселков (Москва, Люберцы, Лыткарино, Жуковский, Раменское, Подольск, Щербинка и др.). Важнейшие результаты исследований сводятся к следующим положениям: 1) Основными источниками поступления в агроландшафты химических элементов (в том числе токсичных) являются химические мелиоранты и агротехническое воздействие. Стандартизированные мелиоранты (фосфорные и сложные минеральные удобрения) – источники фтор-стронций-редкометальной ассоциации элементов (F, Sr, Y, Yb, Nb); нестандартизированные мелиоранты (осадки сточных вод, компосты из твердых бытовых отходов, загрязненные речные воды) – поставщики преимущественно тяжелых металлов (Hg, Ag, Cu, Zn, Pb, Sn). С выхлопными газами и за счет износа деталей сельскохозяйственных машин и орудий в почвы поступают элементы группы железа (Fe, Cr, V, Ni). По степени влияния на загрязнение почв мелиоранты образуют следующий убывающий ряд: осадки сточных вод – компосты из бытовых отходов – загрязненные речные воды – минеральные удобрения. 2) В результате химической мелиорации в сельскохозяйственных почвах формируются полиэлементные аномалии, геохимический спектр концентрирующихся элементов в которых определяется видом используемого мелиоранта. Для аномалий, связанных с применением минеральных удобрений и агротехнической обработкой, характерны невысокая интенсивность (коэффициенты концентрации химических элементов относительно фона не превышают 3) и значительная равномерность распределения элементов в пахотном горизонте почв. Интенсивность этих аномалий обычно не выходит за пределы вариаций ландшафтно-геохимической дифференциации фоновых территорий. Аномалии, обусловленные применением осадков сточных вод, компоста из бытовых отходов и загрязненных речных вод очень интенсивны (коэффициенты концентрации значительной части элементов от 10 до 100, нередко достигают

установленных предельно-допустимых уровней в почвах) и крайне неравномерны в распределении, что является следствием неоднородности состава мелиорантов, а также различием условий их применения.

3) Закономерности пространственного распределения химических элементов в агроландшафтах связаны как с видом химического мелиоранта, так и с ландшафтно-геохимическими условиями миграции элементов. Воздействие минеральных удобрений и агротехнической обработки фиксируется геохимическими аномалиями регионального характера (на уровне геохимических ландшафтов). Усиление этих аномалий наблюдается на геохимических барьерах. Для южнотаежных ландшафтов Московской области характерен сорбционно-глеевый барьер, прежде всего, в супераквальных пойменных ландшафтах долинных комплексов. Для нестандартизованных мелиорантов характерны локальные аномалии, ограниченные территорией элементарных ландшафтов, которым присуща весьма неоднородная пространственная структура распределения элементов, связанная с микрорельефом и неоднородностью внесения средств химизации.

4) В сельскохозяйственных растениях, произрастающих на почвах тяжелого механического состава и почвах подчиненных геохимических позиций фоновых территорий, а также на химически мелиорированных сельскохозяйственных почвах, наблюдается рост зольности растений и увеличение биологического поглощения элементов. Это обуславливает формирование полиэлементных, большей частью слабоинтенсивных, биогеохимических аномалий природного и техногенного характера. Спектр накапливающихся в растениях химических элементов качественно коррелирует с геохимическими особенностями почв. Количественные же характеристики геохимических спектров почв и растений преимущественно различны, что связано с условиями биопоглощения. Значительная комплексность биогеохимических аномалий обуславливает высокие уровни суммарного накопления химических элементов. В ряде случаев концентрации последних в растениях, возделываемых с применением нестандартизованных мелиорантов, достигают ПДК.

5) Применение геохимических методов при изучении агроландшафтов является весьма эффективным. Использование их позволяет оценить экологическое состояние почв и сельскохозяйственной продукции, выявить тенденции их возможных изменений в будущем, выработать рекомендации по уменьшению отрицательных последствий от нерегулируемого и неконтролируемого использования химических мелиорантов.

6) Надежная интерпретация агрогенных геохимических

аномалий возможна только путем сочетания геохимического, ландшафтно-геохимического и агрогеохимического (учитывающего характер и степень воздействия сельскохозяйственного производства) подходов.

В этом же году состоялись еще две защиты кандидатских диссертаций, научным руководителем которых был Ю.Е. Сает. Так, работа В.В. Приваленко⁴¹ (оппоненты Г.В. Войткевич и И.А. Авессаломова) посвящена изучению закономерностей трансформации пойменных ландшафтов в результате их промышленного загрязнения [115]⁴². Основные исследования выполнены в пределах элементарных ландшафтов степной зоны, расположенных в поймах Северского Донца и Нижнего Дона. В ходе исследований решались следующие основные задачи: 1) Выявить источники поступления загрязняющих веществ, установить закономерности формирования их техногенных потоков рассеяния в поймах рек. 2) Определить уровень загрязнения всех компонентов, слагающих пойменные ландшафты, произвести эколого-геохимическую оценку их состояния и определить устойчивость к техногенезу. 3) Выявить возможности биоиндикации промышленного загрязнения в поймах рек аридной зоны. Результаты исследований сводятся к следующим основным положениям: 1) Техногенная трансформация пойменных ландшафтов является суммарным результатом воздействия двух потоков – воздушного и водного, связанных с газодымовыми выбросами и стоками промышленных предприятий. Вследствие слабой защищенности аллювиального водоносного горизонта при поступлении в пойму техногенного водного потока происходит загрязнение подземных вод сульфатами, хлоридами, нитратами, солями натрия, цинком, марганцем, алюминием и мышьяком со скоростью распространения загрязненных вод по потоку 100–120 м в год. Воздействие атмосферического потока проявляется в радиусе 15–30 км от источника выбросов и приводит к формированию переменного кислотно-щелочного режима в верхних горизонтах почв пойменных ландшафтов и их

⁴¹ Работа выполнена в Южном производственном геологическом объединении и в Институте минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов.

⁴² В 1989 под руководством В.В. Приваленко (1948–2014) был составлен первый «Эколого-геохимический атлас г. Ростова-на-Дону, в состав которого вошли 12 карт, отображавших летнюю пылевую нагрузку, микроэлементный состав пыли и уровень загрязнения почвенного покрова города тяжелыми металлами. В 1995 В.В. Приваленко защитил докторскую диссертацию, посвященную техногенной геохимии и биогеохимии городов Нижнего Дона [116].

загрязнению медью и свинцом. 2) При фильтрации промышленных стоков из неэкранированных прудов-отстойников уровень грунтовых вод повышается до критической отметки, в пойменных ландшафтах устанавливается выпотной режим. В результате растворимые соли концентрируются на испарительном геохимическом барьере, происходит засоление почв, увеличение их слитности, глыбистости, что в конечном счете приводит к замене плодородных луговых почв засоленными глееватыми почвами и солончаками, выпадающими из хозяйственного оборота. 3) Наиболее интенсивные зоны загрязнения в пойменных ландшафтах связаны с сорбционным геохимическим барьером в гумусовых горизонтах луговых почв и совмещенным сорбционно-сульфидным барьером в илах техногенных водоемов, где содержание меди и свинца в 9–57 раз, цинка в 50–200 раз выше их фоновых концентраций. 4) В пределах комплексной техногенной геохимической аномалии в пойменных ландшафтах ежегодная продукция биоценозов и агроценозов снижается в 2,5–4 раза при увеличении зольности биомассы в 2–2,5 раза; содержание свинца, меди и цинка в овощах близко к значению предельно допустимой концентрации, а в отдельных случаях превышает ее. 5) Воздействие промышленного загрязнения на растительный покров проявляется в сукцессиях луговой растительности, отражающих стадии деградации растительного покрова; 4-ре стадии мезофильной сукцессии строго коррелируют с интенсивностью загрязнения и являются индикаторами уровня промышленного загрязнения.

Диссертационная работа Н.Н. Алексенцевой (оппоненты В.К. Лукашев и В.В. Батоян) посвящена характеристике геохимического фона эндемичного по уровской (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 [3]⁴³. Было установлено, что уровская (Кашина-Бека) болезнь является типичной биогеохимической эндемией, обусловленной повышенными содержаниями (особенно подвижных форм) фосфора и марганца в горных породах и

⁴³ Работа была выполнена в Проблемной научно-исследовательской лаборатории Читинского государственного медицинского института.

почвах (а также указанных элементов в природных водах и растительности), связанных со специфическими ландшафтно-геохимическими и геолого-геохимическими особенностями территории проявления заболеваний. Впервые в почвах района эндемии установлены высокие концентрации комплексных соединений – природных полифосфатов.

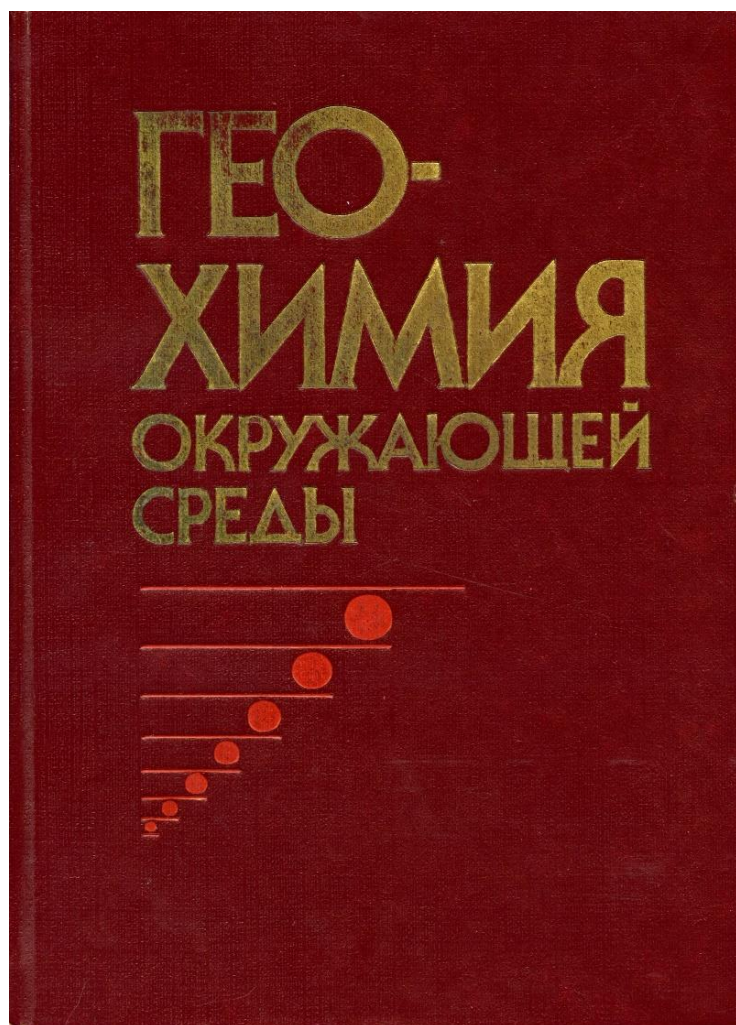
Надо отметить, что уже после ухода из жизни Ю.Е. Саета два его ученика защитили кандидатские диссертации. Так, в 1991 г. состоялась защита работы Н.Н. Москаленко (научные руководители Ю.Е. Сает и Э.К. Буренков, оппоненты А.И. Перельман и И.Н. Бурдакова), посвященной биогеохимическим особенностям зеленых насаждений урбанизированных территорий (на примере г. Москвы) [91]. Основная цель исследований – биогеохимическая оценка реакции древесных насаждений на загрязнение городской среды химическими элементами. Были поставлены следующие задачи: 1) Установление изменений химического состава деревьев в зонах влияния промышленных предприятий и промышленных зон (изучение системы «тип техногенного воздействия – ответная реакция растения»). 2) Биогеохимическая оценка современного состояния деревьев в различных типах зеленых насаждений. 3) Оценка возможности применения метода биогеохимического картирования при эколого-геохимических исследованиях урбанизированных территорий. 4) Разработка биогеохимических методов оценки устойчивости деревьев к полиэлементному загрязнению городской среды. Основные результаты исследований сводятся к следующим положениям: 1) Тип техногенного воздействия промышленных источников загрязнения на окружающую среду определяет характер изменений в химическом составе вегетативных органов древесных растений. Выделено четыре типа воздействия: преимущественно газовый, преимущественно металлогенный, газовой-металлогенный, гетерогенный. 2) В условиях загрязнения окружающей среды изменение в химическом составе вегетативных органов деревьев проявляется как в концентрировании в них загрязняющих веществ (химических элементов), так и в дефиците элементов биофильной группы. Листья деревьев городских местообитаний повсеместно накапливают серебро, ванадий, свинец, хром и олово – приоритетные загрязняющие вещества городской среды. Дефицит микроэлементов является наиболее характерной чертой в изменении химического состава деревьев города, острый дефицит характерен для двух биофильных элементов – марганца и цинка. 3) Биогеохимическое картирование является составной частью эколого-геохимических исследований урбанизированных территорий.

Его применение позволяет не только выявлять очаги загрязнения окружающей среды (по положительным биогеохимическим аномалиям), но и оценивать степень их экологической опасности (по отрицательным биогеохимическим аномалиям). 4) Групповые посадки деревьев в городе (парки и лесопарки) наиболее устойчивы к загрязнению химическими элементами, что проявляется в слабой изменчивости микроэлементного состава вегетативных органов деревьев.

В 1992 г. кандидатскую диссертацию защитил Р. Тарашкявичюс⁴⁴ (научный руководитель Ю.Е. Саэт, 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 рассеяния химических элементов и их ассоциаций в основных миграционных и депонирующих природных компонентах городской среды (на примере Вильнюса) [187]. Были поставлены следующие задачи: 1) оценить фоновые уровни широкой группы химических элементов в почвенном и снежном покровах, речных отложениях, определить структуру нагрузок техногенных ореолов по площади и во времени; 2) провести геохимическую инвентаризацию выбросов основных источников загрязнения; 3) выявить состав взаимных ассоциаций элементов и проследить их зависимость от производственной специфики отдельных районов города 4) произвести геохимическое районирование г. Вильнюса по опасности его загрязнения и сравнить заболеваемость детей в районах города с различной степенью техногенной нагрузки. Основные результаты исследований сводятся к следующим положениям: 1) В условиях интенсивной техногенной нагрузки в городских почвах повышается региональный геохимический фон Ag, Cu, Zn, Pb, Sn и Mo, доминирует ассоциация халькофильного и сидерофильного типов. 2) Морфоструктура и состав техногенных геохимических потоков, фиксируемых снежным покровом, определяется видом и режимом работы источника воздействия, подвижностью элементов в его выбросах и формируется: а) рельефом местности, скапливающим главную массу выпадений в котловинообразных понижениях и в местах аэродинамического барьера, б) господствующими направлениями ветров, меридионально растягивающих техногенные геохимические аномалии. Аномалии в

⁴⁴ В то время сотрудник Литовского научно-исследовательского геологоразведочного института Управления геологии при Совете Министров Литовской ССР.

почвах контролируются также литологическим составом почвогрунтов. 3) Техногенная геохимическая нагрузка на поверхностные водотоки города определяется гидрометеорологическими условиями и максимальных значений достигает во время паводка и ливней. Геохимический облик ассоциаций элементов в донных отложениях р. Нярис обусловлен составом геохимических ассоциаций, свойственных городским почвам. 4) В объеме суммарной техногенной нагрузки, обусловленной атмосферными выпадениями и канализационными стоками, решающую роль играют последние. Их доля в общей нагрузке для цинка, меди и никеля составляет около 80%; свинец в твердофазном состоянии по обоим каналам поступает примерно в равных количествах. 5). В районах города с суммарным показателем загрязнения почв выше 16-ти общая заболеваемость и число респираторных заболеваний детского населения повышается в 1,3–1,4 раза.



Обложка книги [158]

В рассматриваемый период сотрудники «большого» ИМГРЭ, кроме указанных выше методических рекомендаций и защищенных диссертаций, публикуют в различных изданиях серию статей, в которых отражены результаты геохимических исследований окружающей среды и обосновываются основные принципы и методические основы эколого-геохимических исследований (см., например, [13, 24, 60, 71, 96, 119–121, 126, 139, 142, 144, 145, 148, 155–157, 159, 163, 164, 167, 168–170, 176, 179, 180, 181, 184, 200–202, 204–207, 227, 229]), но наиболее полно они систематизированы в известной книге

[158], которая была подготовлена к печати и передана в издательство «Недра» в начале лета 1988 г., но вышла в свет уже после ухода из

жизни Ю.Е. Саета. В книге показаны возможности геохимических методов при изучении и оценке состояния окружающей среды, обоснованы понятийный аппарат и научно-методические основы геохимического изучения окружающей среды, приведен эколого-геохимический анализ техногенной миграции химических элементов, описаны и количественно оценены основные источники загрязнения окружающей среды, миграционные цепи распространения загрязняющих веществ в природных системах, показаны важнейшие эколого-геохимические преобразования окружающей среды в городах и городских агломерациях, в горнорудных районах и на сельскохозяйственных территориях, а также рассмотрены принципы, методы и результаты биогеохимической и геогигиенической оценок отрицательных последствий техногенного загрязнения окружающей среды для здоровья человека, обоснована технология геохимических работ в природных (фоновых) и техногенных условиях.⁴⁵

Эколого-геохимические исследования в значительной мере основаны на существующих корреляционных связях между источниками загрязнения, миграцией химических элементов в транспортирующих компонентах среды (воздушные и водные потоки) и их концентрированием в компонентах, временно депонирующих загрязняющие вещества (прежде всего, почвы, снежный покров, донные отложения).

В общем случае логика эколого-геохимических исследований такова: 1) изучение геохимических ассоциаций, уровней содержания и форм нахождения химических элементов в выбросах, сточных водах, твердых отходах и средствах химизации, т. е. выявление источников и возможных путей поступления загрязняющих веществ в окружающую среду; 2) прослеживание путей и способов миграции химических элементов и их соединений в окружающей среде, установление 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 химических элементов и их соединений, а также центров

⁴⁵ Книга и в наши дни пользуется большим спросом у специалистов. В частности, ее индекс цитирования в системе РИНЦ (Российский индекс научного цитирования) на начало мая 2024 превышал 2200.

наиболее интенсивного воздействия, характеризующихся максимальными нагрузками токсичными и(или) биологически активными химическими элементами (веществами) и определяющими 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.



Общая схема эколого-геохимических исследований

Изменение химических свойств окружающей среды, проявляющееся, прежде всего, в увеличении в различных ее компонентах уровней содержания химических элементов и их соединений, но не связанное с естественными процессами, обычно называют ее техногенным (антропогенным) загрязнением. Однако «химическое загрязнение» может возникнуть не только техногенным способом, но и в связи с естественными причинами. В частности, рудные месторождения и связанные с ними первичные и вторичные ореолы и потоки рассеяния рассматриваются как своеобразные природные зоны загрязнения [53, 137]. По

мнению В.Н. Солнцева [178], современное загрязнение, приписываемое исключительно хозяйственной деятельности, на самом деле является тенденцией, заложенной в особенностях функционирования любых ландшафтных систем, и поэтому нередко представляет собой совокупность процессов самозагрязнения, усиленных хозяйственной активностью. Тем не менее использование словосочетания «загрязнение биосферы, (окружающей среды, среды обитания)» вполне оправданно и удобно, поскольку оно, в определенной мере, адекватно (особенно с утилитарной точки зрения) отражает сущность наблюдаемого явления. Однако следует помнить, что техногенез приводит не только к росту уровней содержания химических элементов и их соединений в среде обитания человека и природе в целом. Геохимическое воздействие человеческой деятельности на биосферу отличается спецификой и своеобразной уникальностью, что, например, проявляется в многообразии геохимических процессов и явлений, наблюдаемых в техногенно измененных природных компонентах, геологических телах, ландшафтах, экосистемах, в образовании новых геологических тел, ранее в природе не существовавших.

Практически всегда хозяйственная деятельность человека (техногенез, в понимании А.Е. Ферсмана) обуславливает образование в окружающей среде техногенных геохимических аномалий, т. е. участков ландшафтов, в пределах которых хотя бы в одном из слагающих их природных тел (компонентов) статистические параметры распределения химических элементов или их соединений (либо одного элемента или соединения) достоверно отличаются от вариаций геохимического фона (фоновое, природное содержание). Характеристики аномалий (чаще всего изучаются так называемые положительные аномалии) – размеры, структура, состав, степень концентрирования, вид существования, формы миграции и нахождения химических элементов, особенности их трансформации и перераспределения, интенсивность биопоглощения, степень токсичности – в конечном счете и определяют качество окружающей среды.

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 определяется массой химических элементов (веществ), поступающей на ту или иную территорию (техногенная нагрузка на окружающую среду). Величина нагрузки, образуемой поступлением выбросов, стоков, твердых отходов, применением агромелиорантов и т. п., зависит как от их общего объема, так и от степени концентрирования в них химических элементов и их соединений. Разносторонние исследования состава и геохимических особенностей различных отходов и средств химизации показали, что они особенно являются мощными источниками поступления в окружающую среду широкой ассоциации химических элементов и их соединений. Сочетание и формы закрепления химических элементов и/или соединений в различных отходах характеризуют специфику конкретного источника загрязнения. Важным является тот факт, что практически во всех случаях техногенное воздействие является комплексным по составу химических элементов (загрязняющих веществ) источником воздействия на биосферу.

При оценке степени опасности (экологической, биологической, гигиенической) загрязнения окружающей среды различными веществами необходимо учитывать способ их поставки и возможность попадания в системы жизнеобеспечения, т. е. в воздух, питьевую воду, пищу. Следует также различать прямые и отдаленные экологические (гигиенические, медико-биологические) последствия. С этих позиций выбросы в атмосферу являются, как правило, наиболее опасным способом поставки загрязняющих веществ (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.).

Оценка интенсивности и экологической значимости геохимических аномалий обычно осуществляется путем сравнения установленных концентраций химических элементов (соединений) с нормативными параметрами их распределения, определяющими, по мнению разработчиков соответствующих нормативов, безопасные условия существования живых организмов. В определенной мере такими параметрами являются показатели существующей системы санитарно-гигиенического нормирования (ПДК, ОДК, МДУ и т. п.), которые, однако, разработаны не для всех природных компонентов, не для всех

загрязняющих веществ, не учитывают форм их нахождения и миграции, не всегда адекватны истинной опасности последних, могут (нормативно) периодически изменяться. При разработке предельно допустимых концентраций используются, как правило, чрезвычайно упрощенные системы, опыт ставится с немногими компонентами, внешние условия его остаются неизменными, т. е. наблюдается ситуация, которая, по замечанию Э. Неефа [93], передается на языке логики формулой *ceteris paribus* (при прочих равных условиях). Коротко говоря, при разработке подобных показателей практически никогда не учитывается принцип эмерджентности. В частности, не требует особых доказательств утверждение, что токсикологическое воздействие одних и тех же доз какого-либо вещества на живой организм в условиях лабораторного аквариума и в условиях природной озерной экосистемы будет проявляться совершенно по-разному.

При эколого-геохимических исследованиях при оценках интенсивности техногенных геохимических аномалий используются два подхода, принятые в прикладной (поисковой) геохимии. Первый из них основан на применении кларков, т. е. средних содержаний химических элементов в земной коре (прежде всего), а также в литосфере и других глобальных геосферах (гидросфере, атмосфере). Кларк, по выражению академика А.Е. Ферсмана, есть новая константа мира. По мнению Дж. Фортеस्कью [193], значения глобальной распространенности химических элементов в различных геосферах (т. е. их кларки) могут использоваться для оценки состава ландшафтов, для которых известны свойства геологического субстрата, и для подсчетов относительной распространенности ингредиентов. Академик В.И. Вернадский подчеркивал, что биогеохимическая организованность биосферы, ее химический состав должны рассматриваться «как равновесия, подвижные, все время колеблющиеся в историческом и в геологическом времени около точно выражаемого среднего» [36, с. 23]. С эколого-геохимической точки зрения такими средними и являются кларки (глобальные параметры распределения) химических элементов. Отсюда, видимо, справедливо утверждение, что кларки определяют «нормальные» уровни содержания химических элементов, априори безопасные для существования живых организмов и нормального функционирования экосистем [158]. Не исключено, что «нормирование» на кларк должно быть обязательной процедурой при оценках техногенных геохимических аномалий, что, естественно, не исключает использования других нормативов. Опыт свидетельствует, что при использовании

кларков наибольшую трудность представляет выделение и оконтуривание геохимических аномалий слабой интенсивности. Интенсивные и средние по интенсивности аномалии, т. е. наиболее «информативные» и опасные с экологических позиций, фиксируются достаточно надежно.

Второй подход, особенно распространенный при эколого-геохимический исследованиях (оценках), основан на использовании фоновых уровней (фоновых содержаний, природного фона) химических элементов (соединений). В данном случае под фоновым уровнем понимается средняя концентрация ингредиента в природных телах (природных компонентах) по данным изучения естественного распределения (с учетом вариации) в пределах однородного в ландшафтно-геохимическом отношении участка, не затронутого или (в данное время) прямо не затронутого техногенезом [158]. Концентрации элемента, отличающиеся от фоновых, считаются «аномальными». Геохимические аномалии могут быть «положительными» (концентрации элементов достоверно выше фона) и «отрицательными» (концентрации достоверно ниже фона) [112]. В первом случае обычно и говорят о «техногенном загрязнении» (о «зонах техногенного загрязнения»).

Очевидно, что в зоне воздействия конкретного источника техногенного загрязнения (в пределах техногенных геохимических аномалий) рационально различать зону влияния, зону заражения и зону полной деградации. Зона влияния – это участок территории (акватории), где концентрации загрязняющих веществ стабильно превышают (пусть и незначительно) фоновый уровень (или кларк), но не превышают (либо превышают эпизодически, кратковременно) рекомендованный гигиенический (экологический) норматив и где в определенной мере сохраняется естественный характер биогеохимических процессов. Зона заражения – это такой участок, где уже явно нарушены естественные биогеохимические и биохимические процессы, а концентрации веществ существенно превышают природный фон и достаточно стабильно – гигиенические и/или экологические нормы. Зона деградации характеризуется превращением природного ландшафта в антропогенную пустошь.

Основываясь на терминологии поисковой геохимии, в экологической геохимии традиционно принято различать техногенные геохимические ореолы и техногенные геохимические потоки рассеяния химических элементов. Термин «поток рассеяния» применяется при описании геохимических аномалий в водных объектах, прежде всего в

водотоках (водный раствор, взвесь, эпифитовзвесь, донные отложения, иловые воды) и в атмосферном воздухе (парогазовая и аэрозольная фракции), а термин «ореол рассеяния» – в почвах, грунтах, горных породах, снежном покрове, подземных водах. В случае с живыми организмами логично, очевидно, говорить о биогеохимических аномалиях. Для геохимических аномалий в снежном покрове иногда используют (не совсем удачное, но понятное) словосочетание «сноухимические ореолы».

Техногенные геохимические аномалии могут быть как моноэлементными, так и полиэлементными (т. е. включать широкий спектр загрязняющих веществ). Поскольку воздействие многих техногенных источников загрязнения проявляется в формировании полиэлементных геохимических аномалий, то при эколого-геохимических исследованиях, наряду с изучением отдельных химических элементов, проводится анализ распределения геохимических ассоциаций, т. е. групп элементов, характеризующих специфические особенности зон воздействия различных источников и обнаруживаемых в изучаемом объекте (компоненте среды) в количествах, отличных от неких нормативных величин (как правило, от геохимического фона) [125, 158]. Обычно в геохимическую ассоциацию включают химические элементы с коэффициентами концентрации (относительно фона или кларка) не менее 1,5, что позволяет выделить комплекс аномальных ингредиентов и ранжировать их по интенсивности концентрирования. Среди входящих в ассоциацию загрязняющих веществ всегда можно выделить главные, или приоритетные, ингредиенты. Для фиксации зон воздействия источников загрязнения часто достаточно изучение так называемых типоморфных элементов (соединений), т. е. тех, которые типичны для данного вида воздействия и позволяют судить о состоянии изучаемой системы в целом. Например, еще совсем недавно приоритетным поллютантом для автотранспортного загрязнения был свинец, типоморфными – свинец и бром. В качестве типоморфных элементов эффективно использование тяжелых металлов. Они типичны для многих источников загрязнения и адекватно фиксируют уровень и масштабы их воздействия. Необходимо отметить, что важнейшим следствием техногенного загрязнения и, естественно, характерным признаком техногенных геохимических аномалий является резкая пространственно-временная дифференцированность геохимического поля, проявляющаяся в его мозаичности. Так, если для химических элементов в фоновых условиях характерно преимущественно равномерное

распределение (коэффициенты вариации 30–50%), реже контрастное (50–60%) и лишь иногда крайне неоднородное (60–100%), то в условиях загрязнения большая часть загрязняющих веществ отличается чрезвычайно неоднородным пространственно-временным распределением (коэффициенты вариации могут достигать 100–300% и даже более), но, что важно, при их концентрациях, существенно превышающих фоновые уровни.

Для оценки техногенных геохимических аномалий (речь идет о «положительных» аномалиях), особенно в депонирующих загрязнение компонентах окружающей среды (почвах, донных отложениях, пыли, осажденной со снегом, и т. п.), чаще всего используются следующие простые и в то же время достаточно удобные и информативные показатели (они широко используются и в наши дни).

1. Коэффициент концентрации химического элемента – K_C [125, 158]; характеризует его степень концентрирования (уровень аномальности, интенсивность аномалии) в компоненте окружающей среды (в зоне загрязнения) относительно фоновое содержание. Как уже указано выше, в геохимическую ассоциацию включаются элементы со значениями K_C не менее 1,5 (предполагается, что в данном случае величина превышения над фоном превосходит природную вариацию, возможные ошибки опробования и аналитических исследований), т. е. концентрация элемента, в 1,5 раза превышающая фон, является минимально-аномальным содержанием. Коэффициент рассчитывается по формуле:

$$K_C = C_i / C_\Phi,$$

где C_i – средняя концентрация i -го химического элемента в исследуемом объекте (геохимической выборке), C_Φ – фоновое содержание этого элемента.

2. Формула геохимической ассоциации [125]; характеризует качественный (элементный) состав и структуру геохимической аномалии; представляет собой упорядоченную по значениям K_C совокупность (ранжированный ряд) химических элементов. Как правило, геохимическая ассоциация, характерная для определенного вида воздействия, отличается своеобразным количественным сочетанием (соотношением значений K_C) элементов. Формула изображается так:

Hg₁₅₀-Cd₁₁₀-Ag₇₈-As₅₁-Zn₂₃-Pb₁₁-(Cu-Co-Sb)₅-Mo₃-(Mn-Ti-V)_{1,5}
(цифровые индексы около символов элементов представляют их K_C).
Очень часто элементы, входящие в ассоциацию, систематизируются (объединяются) по значениям K_C в группы, границы интервалов

которых примерно соответствуют шкале десятичных логарифмов с шагом 0,5: 1,5-3; 3-10; 10-30; 30-100 и т. д., что наглядно при сравнении различных объектов и представлении материалов в виде таблиц.

3. Показатель N_{Σ} ; характеризует количественный состав ассоциации и отражает число входящих в нее элементов (т. е. K_C которых не менее 1,5).

4. Суммарный показатель загрязнения Z_C [137, 158]; представляет собой сумму коэффициентов концентрации K_C (за вычетом фона) элементов, входящих в геохимическую ассоциацию, и отражает аддитивное превышение фонового уровня группой ассоциирующихся элементов. Он рассчитывается по формуле:

$$Z_C = \sum_{i=1}^n C_i - C_{\Phi} / C_{\Phi} = \sum_{i=1}^n K_C - (n - 1),$$

где C_i – концентрация i -го химического элемента в изучаемом компоненте, C_{Φ} – фоновая концентрация этого элемента, K_C – коэффициент концентрации i -го элемента, n – количество элементов, входящих в ассоциацию (N_{Σ}).

5. В случае с донными отложениями водных объектов может использоваться показатель санитарно-токсикологической вредности $Z_{СТ}$, который представляет собой сумму коэффициентов концентрации K_C (за вычетом фона) химических элементов 1-го и 2-го классов опасности, входящих в ассоциацию, для которых утверждены ПДК в воде водных объектов, и отражает степень потенциальной санитарно-токсикологической вредности; рассчитывается по той же формуле, что и Z_C . (с соответствующими коррективами).

6. Показатель участия химического элемента в геохимической ассоциации $M_C\%$ [181]. Он отражает процентную долю участия химического элемента в ассоциации и используется для характеристики структуры последней; рассчитывается по формуле: $M_C\% = (K_C - 1 / Z_C) \times 100\%$. Рекомендуются рассчитывать данный показатель для элементов, доля участия которых в ассоциации в сумме превышает 50% (это, как правило, не более 2–4 элементов).

В принципе, многие из указанных выше показателей могут быть применены к другим объектам изучения (отходы, атмосферный аэрозоль, речная взвесь и т. д.), они легко отображаются на картах, а фоновая концентрация элемента может быть заменена его кларком и т. д.

Другие коэффициенты и показатели, применяемые в эколого-геохимических исследованиях при интерпретации полученных данных и

в оценках состояния окружающей среды, подробно рассмотрены в ряде методических и научных публикаций (см., например, [124, 125, 139, 143, 146, 154, 156, 157, 218 и др.]).

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 техногенного загрязнения). Количественная модель связи между откликами организма и геохимической структурой загрязнения дала возможность создать ориентировочную шкалу оценки опасности геохимических аномалий в почвах, которая в свое время вошла в методические указания, утвержденные Министерством здравоохранения СССР [88] (табл. 5). Указанная ориентировочная шкала и суммарный показатель загрязнения (предложенный Ю.Е. Саетом), продолжают и в наше время широко использоваться в практике работ по оценке состояния окружающей среды различных районов, в инженерно-экологических изысканиях и т. п. Аналогичные шкалы были также разработаны для оценки экологической и гигиенической опасности аэрогенных очагов загрязнения и для поверхностных водотоков (табл. 6, 7).

Таблица 5. Ориентировочная шкала опасности загрязнения территории населенных пунктов по суммарному показателю загрязнения почв Z_C

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.

Таблица 6. Ориентировочная шкала оценки аэрогенных очагов загрязнения

Уровень загрязнения	Степень опасности	Состояние атмосферного воздуха	Показатели загрязнения снежного покрова
Средний	Умеренно опасный	Превышение ПДК отдельными поллютантами (пыль, оксиды углерода, азота, сернистый ангидрид); содержание тяжелых металлов выше фона	Средний уровень загрязнения почв ($Z_c=16-32$) и снегового покрова (64–128). Повышенная запыленность снегового покрова (среднесуточная нагрузка 250–450 кг/км ²). Содержание Pb в почве > 100 мг/кг.
Высокий	Опасный	Превышение ПДК комплексом поллютантов (пыль, оксиды углерода, азота, сернистый ангидрид); содержание отдельных металлов (особенно Pb) выше ПДК	Высокий уровень загрязнения почв ($Z_c=32-128$) и снегового покрова (128–256). В составе аномалий присутствуют поллютанты 1 класса опасности (особенно Pb, Cd, Hg) в высоких концентрациях ($K_c > 10$). Содержание Pb в почве > 250 мг/кг. Уровень выпадения пыли 450–800 кг/км ² /сут.
Очень высокий	Чрезвычайно опасный	Превышение ПДК (иногда многократное) комплексом поллютантов, в том числе рядом тяжелых металлов	Очень высокий уровень загрязнения почв ($Z_c > 128$) и снегового покрова (>256). В составе аномалий в почве присутствуют Pb (> 400 мг/кг) и Hg (2,1 мг/кг), что является индикатором превышения ПДК этих поллютантов в воздухе. Очень высокая запыленность снегового покрова (>800 кг/км ² /сут.)

Надо отметить, что при вычислении аддитивных показателей (при сравнении различных ситуаций) необходимо использовать одно и то же число химических элементов. Обычно применение таких коэффициентов основано на исследовании распределения в депонирующих компонентах среды, по крайней мере, 40 химических элементов, определяемых, например, спектральным методом, а также ртути, сурьмы, мышьяка и фтора, иногда таллия и селена.

В общем случае эколого-геохимические исследования направлены на изучение двух аспектов распределения и поведения химических

элементов в окружающей среде (в биосфере): пространственного и временного, что во многом и определяет комплекс используемых методов и методических приемов. В пространственном отношении эколого-геохимические исследования осуществляются на импактном (площадь изучаемой территории не более 10 км²), локальном (площадь изучаемой территории обычно не превышает 100–500 км²), региональном и глобальном уровнях. Во временном аспекте эколого-геохимические исследования могут относиться к конкретному (одному) моменту времени, к нескольким временным моментам, связаны с постоянными (непрерывными, регулярными, режимными) наблюдениями или с ретроспективными исследованиями.

Таблица 7. Ориентировочная шкала оценки техногенного загрязнения рек по интенсивности накопления химических элементов в донных отложениях

Z_C	Z_{CT}	Уровень загрязнения	Степень санитарно-токсикологической вредности	Содержания элементов в растворе речных воде
< 10	< 10	Слабый	Допустимая	Большинство в пределах фона
10-30	10-30	Средний	Умеренная	Многие повышены относительно фона; некоторые эпизодически достигают ПДК
30-100	30-100	Высокий	Опасная	Многие выше фона; некоторые превышают ПДК
100-300	100-300	Очень высокий	Очень опасная	Многие значительно выше фона; некоторые стабильно превышают ПДК
> 300	> 300	Чрезвычайно высокий	Чрезвычайно опасная	Большинство во много раз выше фона; многие стабильно превышают ПДК

Важнейшими приемами пространственных исследований, относящихся, по сути, к одному временному моменту, являются: 1) наблюдения в отдельной точке; 2) геохимическое профилирование (наблюдения на одном или нескольких профилях, включая исследования на ландшафтно-геохимических профилях); 3) геохимическое картирование, основанное преимущественно на регулярном площадном опробовании депонирующих загрязняющие вещества компонентов или на аналитических измерениях (например, воздуха, вод) по заданной сети точек; 4) «объемные» геохимические исследования, направленные на

изучение геологических тел (почвенные разрезы, донное зондирование и т. п.), которые могут сочетаться с указанными выше методическими приемами. Основными приемами временных исследований являются: 1) выполнение выше указанных исследований в разные временные моменты (без строгой периодичности); 2) динамические наблюдения (относительно короткопериодные) на отдельных точках, створах, профилях, по сети точек и т. п.; 3) геохимический мониторинг, основанный на непрерывных, повторных и режимных наблюдениях (со строго определенной периодичностью); 4) ретроспективный геохимический мониторинг и ретроспективные эколого-геохимические исследования, связанные с изучением распределения химических элементов в предшествующее время (изучение коллекций почв, гербариев и т. п.). Особую группу составляют методические приемы, в основу которых положены разработки биогеохимии, геогигиены, эпидемиологии, аналитической химии, связанные с исследованиями конкретных компонентов окружающей среды, механизмов миграции, форм нахождения и миграции химических элементов и соединений, оценкой биогеохимических и гигиенических последствий загрязнения и т. п. При необходимости выполняются сопутствующие метеорологические, гидрологические, геологические, литологические, минералогические и другие виды исследований. Важное место принадлежит минералого-геохимическим и особенно химико-аналитическим исследованиям геохимических проб. Как подчеркивал В.И. Вернадский [39, с. 282], «...геохимия и биогеохимия – по существу основаны на аналитической химии – области знания огромного практического и научного значения». В значительной своей части эколого-геохимические исследования базируются на использовании количественных химико-аналитических методов.

Уже к концу 1980-х гг. геохимические данные, отражающие важнейшие особенности деятельности человека как геохимического фактора, достаточно полно были систематизированы для городов и городских агломераций, горнопромышленных районов и сельскохозяйственных территорий.

Практически любой город отличается от природных экосистем более интенсивным метаболизмом на единицу площади, бóльшим притоком извне энергии (поступающей главным образом в виде горючих ископаемых) и бóльшими потребностями в поступлении веществ (пища, вода, минеральное сырье и другие материалы), более мощными и опасными с экологических и гигиенических позиций потоками отходов человеческой деятельности, а также ярко выраженным

разорванным циклом круговорота химических элементов. Город, как правило, оказывает прямое или опосредованное воздействие на территории, значительно превосходящие его по площади. Именно в городе наиболее проявлен закон развития системы за счет окружающей ее среды. Именно город характеризуется ярким выражением двух основных процессов техногенеза: концентрированием значительных масс химических веществ и их рассеиванием. И именно в городе наиболее ярко проявлены все формы биогенной миграции элементов 3-го рода. Важнейшая особенность многих городов – наличие разнообразных источников, поставляющих в городскую среду (в составе пылевых и газовых выбросов в атмосферу, твердых отходов, сточных вод) многие химические элементы и их соединения. Все это обуславливает формирование сложных потоков вещества, детерминирующих не менее сложную гетерогенную геохимическую структуру территорий городов и их окружения. 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 в крупных промышленных городах. В средних и малых городах с машиностроительными предприятиями структура загрязнения складывается относительно удовлетворительно. Более благоприятные условия наблюдаются в небольших городах с ограниченным развитием промышленности, 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 компонентах. Так, установлены города, где качество окружающей среды определяется чрезвычайно высоким уровнем содержания в ее компонентах такого токсичного элемента, как ртуть.

Сельскохозяйственные территории (агроландшафты, 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 агроландшафтов 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, агромелиорантов и т. п.). С эколого-геохимических позиций особое значение имеет применение фосфорных удобрений, поскольку они производятся на основе природных фосфатов, отличающихся повышенными (и даже высокими) концентрациями многих химических элементов, которые в значительных количествах переходят (часто концентрируясь) из апатитовых и фосфоритовых руд в концентраты, из которых производятся удобрения. Повышенная поставка химических элементов в агроландшафтах 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 (B, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn, Co), антисептиками (As, Hg), а также с отходами и стоками 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 агромелиорантов 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, используемые для орошения. Техногенные геохимические преобразования агроландшафтов 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 агроландшафтов 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 химических элементов, 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 веществами, а также соединениями азота, особенно грунтовых вод.

Масштабы техногенного воздействия на окружающую среду в горнорудных районах настолько велики, что всецело определяют их геохимические особенности. Характер и интенсивность 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 отводов, проявляются в глубокой трансформации химического состава практически всех компонентов биосферы. Размеры зон влияния эксплуатируемых месторождений на прилегающие территории достигают десятки, часто сотни квадратных километров (в исключительных случаях – тысячи кв. км); радиус образующихся при осушении месторождений депрессионных воронок составляет десятки километров

(при понижении напоров, измеряемых иногда сотнями метров). В отвалы и хвостохранилища ежегодно поступают миллиарды кубических метров 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 интенсивных 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 фиксируется 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 интенсивным 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 природно-техногенных гиперфторовых областей на тех территориях, где для водоснабжения используются подземные воды, с которыми связаны очаговые эндемии флюороза.

Исследованиями было также установлено, 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, представляется, что 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 (чрезвычайно) 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.

Для понимания важнейших проблем и постановки основных задач изучения геохимического преобразования биосферы человеком важнейшее значение имеют следующие положения, в той или иной мере вытекающие из трудов В.И. Вернадским, получившие развитие в работах его учеников и последователей и отчасти сформулированные автором этих строк ранее [214–216, 218]:

1. Изменение химического состава, геохимических свойств и геохимической структуры биосферы, являющееся следствием проявления биогеохимических функций человечества, – закономерное явление в ее геологической истории, это есть естественный (геологический) процесс, который имеет глобальный характер и проявляется в масштабе природных химических реакций.

2. Современный этап в развитии биосферы может быть охарактеризован как своеобразная геохимическая эпоха, когда человек постепенно (с нарастающим темпом) вовлекает в биогенную миграцию 3-го рода все химические элементы, а в круг своего влияния все химические процессы, известные в биосфере, создает на земной поверхности «неустойчивые формы нахождения химических элементов», вмешивается в действия основных биогеохимических принципов.

3. Биогенная миграция атомов 3-го рода (в понимании В.И. Вернадского) определяется не только технической деятельностью человека. Человечество является частью живого вещества, в связи с чем способно вызывать миграцию химических элементов, связанную с его материальным субстратом. Однако здесь мы сталкиваемся с новым фактором – с человеческим сознанием, с научной мыслью, которая является как сила, имеющая небывалое значение в геологической истории биосферы, в истории практически всех химических элементов. Техногенная миграция есть вид биогенной миграции 3-го рода.

4. Техногенез (в понимании А.Е. Ферсмана) является полиэлементным источником загрязнения и приводит к формированию в окружающей среде аномальных геохимических полей (техногенных геохимических аномалий), фиксируемых прежде всего для химических элементов с высокой технофильностью, повышенной токсичностью, высоким уровнем биопоглощения и/или обладающих выраженной биоактивностью. При этом наблюдаются выраженные корреляционные связи между техногенными источниками загрязнения, миграцией химических элементов в водных и воздушных потоках и их концентрированием в природных телах, временно аккумулирующих загрязняющие вещества.

5. Техногенез и техногенные процессы способны резко менять поведение химических элементов, вплоть до появления химических реакций и соединений, а также явлений, чуждых условиям биосферы; или, как писал В.И. Вернадский, человек «совершенно меняет общую картину геохимических процессов земной коры» и создает новые типы связанных с биосферой геологических тел и образований (минералов,

отложений, почв, вод и т.п.), новые типы экосистем, живого вещества, уничтожая и(или) преобразуя при этом ранее существовавшие живые организмы, природные системы и геологические образования.

6. В условиях максимального проявления биогеохимических функций человечества геохимические особенности ландшафтов могут всецело определяться химическими элементами, отличающихся высокой токсичностью или выраженной биоактивностью даже при крайне низких уровнях их содержания в объектах среды обитания, что отражается в формировании техногенных биогеохимических районов, областей и провинций. Наиболее сильное воздействие испытывают атмосфера и водные системы, причем, как подчеркивал Вернадский, «нигде явления человеческой работы не сказываются так ярко и глубоко, как для царства вод пресных».

7. Антропогенный (техногенный) стресс и загрязнение окружающей среды химическими элементами и их соединениями, в том числе, ксенобиотиками (веществами, ранее в природе не существовавшими) являются одними из основных лимитирующих факторов для всего живого в биосфере.

8. Техника (как совокупность средств человеческой деятельности) и технология (как совокупность методов производства) уже не могут рассматриваться только лишь как инструмент преобразования биосферы, но сами являются окружающей человека средой, что особенно ярко проявляется в промышленных районах, отражающих наиболее концентрированную форму геохимического воздействия человека на среду обитания. Дальнейшее устойчивое развитие общества возможно лишь при должной оптимизации состояния окружающей среды с учетом происходящих в ней геохимических изменений, или, говоря словами В.И. Вернадского, необходимо изменение химической работы человечества.

10. Цивилизация культурного человечества не может прерваться, поскольку это есть большое природное явление, отвечающее геологически сложившейся организованности биосферы. Важнейшим условием этого является переход биосферы в ее новое эволюционное состояние – ноосферу, когда биогеохимические функции человечества будут урегулированы с окружающей средой как в интересах «свободно мыслящего человечества как единого целого», так и в интересах самой биосферы; когда биогенная миграция атомов 3-го рода в прямом смысле будет руководима человеческим разумом, а человек из существа социально гетеротрофного делается существом социально

автотрофным. Говоря словами Вернадского, «в геологической истории биосферы перед человеком открывается огромное будущее, если он поймет это не будет употреблять свой разум и свой труд на самоистребление» [37, с. 240].



Ю.Е. Сает со своим любимым Джеком, лето 1980 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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 еще совсем недавно 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 человеческой деятельности на окружающую среду, обычно рассматриваемое как совершенно нежелательное и даже случайное явление. В то же время, как показал В.И. Вернадский, деятельность человека и ее проявление в биосфере «не есть случайное явление, зависящее от воли человека», а есть отдельный факт общего природного явления, закономерного и обусловленного эволюционным развитием биосферы как среды «жизни и разума». Именно поэтому этот факт (и его наиболее концентрированное проявление – техногенез) должен рассматриваться и изучаться как «природный процесс, корни которого лежат глубоко и подготовлялись эволюционным процессом, длительность которого исчисляется сотнями миллионов лет» [36, с. 28].

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, что приводит не только к увеличению уровней содержания в окружающей среде химических элементов и их соединений («техногенному загрязнению»), но и сопровождается кардинальным изменением основных физико-химических параметров среды их миграции, вплоть до формирования геохимических обстановок и образований, до недавнего времени в природе не существовавших. «Где остановится этот новый геологический процесс? И остановится ли он?» [30, с. 223].

В поисках ответов на эти вопросы особая роль, по мнению автора этих строк, принадлежит экологической геохимии, создателем которой является горный инженер-геолог и геохимик Ю.Е. Саэт. Именно он сумел к середине 1980-х годов идейно и тематически сплотить многочисленный коллектив специалистов разного профиля, разработать ряд взаимосвязанных научно-исследовательских и прикладных программ, организовать экспедиционные работы в различных регионах СССР, результаты которых позволили обосновать основные принципы и методику эколого-геохимических исследований.

Опыт организации масштабных эколого-геохимических исследований в ИМГРЭ в тот, очень короткий временной период (1976–1988 гг.), на первых порах носящих в основном прикладной характер, уникален и сыграл огромную роль в становлении и развитии теоретических и методических основ экологической геохимии. Этот опыт не должен быть забыт. Академик Вернадский подчеркивал, что всегда особое внимание необходимо уделять преемственности научного познания, сохранению в России преемственности поколений в науке и образовании. Он мыслил преемственность в науке, в научной работе одним из важнейших условий развития науки [35], особо подчеркивая, что «восстановить раз прерванную научную жизнь – задача величайшей трудности» [29, с. 1934].

У Ю.Е. Саета были большие научные планы, он по новому перечитывал и осмысливал труды В.И. Вернадского, А.Е. Ферсмана, Н.И. Вавилова⁴⁶, думал над созданием специального научного подразделения по изучению экстремальных геохимических ситуаций, обусловленных как природными, так и техногенными факторами, планировал организовать комплексную эколого-геохимическую экспедицию на Камчатку с целью выяснения биогеохимических реакций живых организмов в условиях природных геохимических аномалий, разрабатывал программу изучения воздействия однотипных горнорудных предприятий на окружающую среду в различных географических зонах – от полярных ландшафтов до полупустынь (на примере Урала – от Полярного Урала до Мугоджар), начал работу над книгой «Геохимия города»..., но, увы, судьба распорядилась иначе...

⁴⁶ Ю.Е. Саета очень интересовали закономерности формирования химического качества сельскохозяйственных растений и вариации химического состава разных видов и родов основных групп культурных растений в различных ландшафтно-географических условиях.

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

Литература

1. Алборов И.Д., Тедеева Ф.Г., Мадаева М.З., Суншев С.А. Анализ методов эколого-геохимической оценки промышленной зоны горной Осетии // Горный информационно-аналитический бюллетень, 2007. № 6. С. 149–153.
2. Алексеенко В.А. Экологическая геохимия. М.: Логос, 2000. 828 с.
3. 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.
4. Алексинская Л.Н., Арцимович П.М., Кочнев А.С., Кузнецова Л.В., Степанова М.Ф., Тараскина Д.В. Комплексная оценка эффективности работы очистных сооружений поверхностного стока крупного города // Исследование окружающей среды геохимическими методами (сборник научных статей). М.: ИМГРЭ, 1982. С. 57–68.
5. 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.
6. Ачкасов А.И. Распределение микроэлементов в агроландшафтах Московской области: Автореф. дис.... канд. географ. наук. М., 1987. 24 с.
7. Ачкасов А.И. Фоновая вариация микроэлементного состава природной растительности в местных типах геохимических ландшафтов Нечерноземной зоны // Биогеохимические методы при изучении окружающей среды (сборник научных статей). М.: ИМГРЭ, 1989. С. 26–34.
8. Ачкасов А.И. Геохимические особенности осадков сточных вод (на примере городов Московской области) // Прикладная геохимия. Вып. 6. Экологическая геохимия Москвы и Подмосковья. М.: ИМГРЭ, 2004. С. 160–176.
9. Ачкасов А.И., Сает Ю.Е., Трефилова Н.Я. Закономерности распределения элементов минерального питания растений в элементарных ландшафтах сельскохозяйственных территорий // Новые достижения по редким элементам (сборник научных статей). М.: ИМГРЭ, 1981. С. 17–32.
10. Ачкасов А.И., Трефилова Н.Я. Биогеохимические особенности сельскохозяйственных геохимических аномалий // Использование геохимических методов при изучении загрязнения окружающей среды (сборник научных статей). М.: ИМГРЭ, 1984. С. 42–49.
11. Ачкасов А.И., Трефилова Н.Я. Ландшафтно-геохимическая дифференциация распределения радионуклидов в зоне выпадения радиоактивных осадков // Эколого-геохимический анализ техногенного загрязнения (сборник научных статей). М.: ИМГРЭ, 1992. С. 32–42.
12. Барабанов В.Ф. Введение в экологическую геохимию. СПб.: Изд-во СПбГУ, 1994. 144 с.
13. Башаркевич И.Л., Ефимова Р.И., Несвижская Н.И., Сает Ю.Е., Тадеман Л.А., Янин Е.П. Внутризаводские и городские свалки как источник загрязнения

окружающей среды химическими элементами // Актуальные вопросы коммунальной гигиены (Мат-лы XI научн.-практич. конференции, Москва, ноябрь, 1979). – М., 1979, с. 28–33.

14. *Башаркевич И.Л., Килипко В.А., Самаев С.Б., Соколов Л.С., Якубов Х.Г.* Геохимическая оценка состояния окружающей среды на территории парка «Лосиный остров» // Прикладная геохимия. Вып. 6. Экологическая геохимия Москвы и Подмосковья. М.: ИМГРЭ, 2004. С. 138–145.

15. *Башаркевич И.Л., Соловьева В.И.* Тяжелые металлы в отходах гальванического производства // Исследование окружающей среды геохимическими методами (сборник научных статей). М.: ИМГРЭ, 1982. С. 86–94.

16. *Беус А.А., Грабовская Л.И., Тихонова Н.В.* Геохимия окружающей среды. М.: Недра, 1976. 248 с.

17. Биогеохимические методы при изучении окружающей среды (сборник научных статей). М.: ИМГРЭ, 1989. 162 с.

18. Биогеохимические циклы в биосфере. Мат-лы VII Пленума СКОПЕ, Москва, 15–22 ноября, 1974. М.: Наука, 1976. 356 с.

19. *Бондарев Л.Г.* Вечное движение (Планетарное перемещение вещества и человек). М.: Мысль, 1974. 158 с.

20. *Бондарев Л.Г.* Ландшафты, металлы и человек. М.: Мысль, 1976. 72 с.

21. *Борисов В.Ф., Сает Ю.Е., Шустерман Б.С.* Опыт геохимических поисков месторождений бора // Литогеохимические поиски рудных месторождений по их гипергенным ореолам и потокам рассеяния. Алма-Ата, 1968.

22. *Бочаров В.Л.* Спецкурс «Экологическая геохимия» на геологическом факультете Воронежского университета: опыт и проблемы // Междунар. симп. по прикладной геохимии стран СНГ. 29–31 октября 1997, Москва, Россия. Тез. докл. М.: ИМГРЭ, 1997. С. 332.

23. *Булгаков С.Н.* Сочинения в 2 т.: Т. 1. М.: Наука, 1993. 603 с.

24. *Буренков Э.К., Сает Ю.Е.* Эффективность применения геохимических методов при изучении окружающей среды // Вклад московских геологов в охрану окружающей среды столицы: Тез. докл. науч.-практ. конф. (г. Москва, 29–30 марта 1983 г.) / Отв. ред. Ю.Е. Сает. М.: ВИЭМС, 1983.

25. *Буренков Э.К., Сает Ю.Е.* Проблемы ноосферы и эколого-геохимические исследования // Советская геология, 1988. № 4. С. 24–32.

26. *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.

27. *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.

28. *Вадковская И.К., Лукашев К.И.* Геохимические основы охраны природы. Минск: Наука и техника, 1977. 275 с.

29. *Вернадский В.И.* Ближайшие задачи академической жизни // Право, 19 июня 1905 г., № 24. С. 1932–1943

30. *Вернадский В.И.* Избранные сочинения. Т. 1. М.: Изд-во АН СССР, 1954. 696 с.
31. *Вернадский В.И.* Избранные сочинения. Т. 5. М.: Изд-во АН СССР, 1960. 422 с.
32. *Вернадский В.И.* Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. М.: Наука, 1965. 374 с.
33. *Вернадский В.И.* Живое вещество. М.: Наука, 1978. 358 с.
34. *Вернадский В.И.* Проблемы биогеохимии. М.: Наука, 1980. 320 с.
35. *Вернадский В.И.* Труды по истории науки в России. М.: Наука, 1988. 464 с.
36. *Вернадский В.И.* Философские мысли натуралиста. М.: Наука, 1988. 520 с.
37. *Вернадский В.И.* Научная мысль как планетное явление. М.: Наука, 1991. 271 с.
38. *Вернадский В.И.* Очерки геохимии (Введение в геохимию): Лекции, прочитанные в Академии наук в Петрограде в 1921 г. // *В.И. Вернадский Труды по геохимии.* М.: Наука, 1994. С. 7–158.
39. *Вернадский В.И.* Статьи об ученых и их творчестве. М.: Наука. 1997. 364 с.
40. *Волох А.А., Ревич Б.А.* Особенности микроэлементного состава атмосферного воздуха в зоне влияния различных типов производств // *Эколого-геохимические исследования в районах интенсивного техногенного воздействия.* М.: ИМГРЭ, 1990. С. 128–133.
41. *Гавриленко В.В.* Некоторые актуальные проблемы экологической минералогии и геохимии // *Зап. ВМО, 1994. Ч. СХХIII, № 3. С. 1–8.*
42. *Гавриленко В.В.* Экологическая минералогия и геохимия в России на современном этапе // *Записки Российского минералогического общества, 2014. Ч. СХLIII. № 1. С. 3–15.*
43. *Галицкая И.В., Кашина Л.И., Сает Ю.Е., Янин Е.П., Бахарева Т.В.* Влияние сельскохозяйственной и коммунально-бытовой деятельности на состояние водных систем в районе месторождений углекислых минеральных вод // *Эколого-геохимический анализ техногенного загрязнения (сборник научных статей).* М.: ИМГРЭ, 1992. С. 42 – 49.
44. *Гарецкий Р.Г., Каратаев Г.И.* Основные проблемы экологической геологии // *Геоэкология, 1995. № 1. С. 28-35.*
45. *Гвильдис В.Ю.* Изучение органических веществ антропогенного происхождения в окружающей среде на примере поверхностного водоисточника урбанизированного региона // *Исследование окружающей среды геохимическими методами (сборник научных статей).* М.: ИМГРЭ, 1982. С. 69–78.
46. *Геохимические методы при оценке скрытого оруденения (сборник научных статей).* М.: ИМГРЭ, 1981. 97 с.
47. *Геохимия зоны гипергенеза и техническая деятельность человека (сборник научных статей).* Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1976. 132 с.
48. *Геохимия техногенного преобразования ландшафтов (сборник научных статей).* М.: МФГО СССР, 1978. 80 с.
49. *Глазовская М.А.* Геохимические основы типологии и методики исследования природных ландшафтов. Изд-во МГУ, 1964. 230 с.

50. Глазовская М.А. Техногенез и проблемы ландшафтно-геохимического прогнозирования // Вестник МГУ. Сер. География, 1968. № 1. С. 30–36.
51. Глазовская М.А. Технобиогеоми – исходные физико-географические объекты ландшафтно-геохимического прогнозирования // Вестник Моск. ун-та. Сер. 5, география, 1972. № 6. С. 23–35.
52. Глазовская М.А. Ландшафтно-геохимические системы и их устойчивость к техногенезу // Биогеохимические циклы в биосфере. – М.: Наука, 1976, с. 99–118.
53. Глазовская М.А. Природные аналоги техногенных геохимических аномалий // Добыча полезных ископаемых и геохимия природных экосистем. – М.: Наука, 1982. С. 131–166.
54. Глазунов А. Нам нужна... революция. М.: Изд-во «БПП», 2009. 420 с.
55. Головин А.А., Морозов В.И., Сочеванов Н.Н. – патриарх и исследователь биолокации // Разведка и охрана недр, 2010. № 5. С. 103.
56. Горбунов А.В. Биогеохимия редкоземельных элементов в связи с воздействием на окружающую среду предприятий по производству минеральных удобрений // Биогеохимические методы при изучении окружающей среды (сборник научных статей). М.: ИМГРЭ, 1989. С. 77–84.
57. Грабовская Л.И. Биогеохимические методы поисков. М.: Госгеолком СССР, 1965. 64 с.
58. Грабовская Л.И., Астрахан Е.Д. Биогеохимические и геоботанические исследования при поисках редкометальных месторождений. М.: Госгеолтехиздат, 1963. 64 с.
59. Грабовская Л.И., Кузьмина Г.А. Опыт применения биогеохимического метода при поисках редкометальных месторождений в районе развития сплошной многолетней мерзлоты // Вопросы прикладной геохимии. Вып. 2. М.: Недра, 1971. С. 98–108.
60. Григорян С.В., Саев Ю.Е. Геохимические методы при решении некоторых экологических задач // Советская геология, 1980. № 11. С. 94–108.
61. Добродеев О.П. Техногенез – мощная геохимическая сила биосферы // Природа, 1978. № 11. С. 87–92.
62. «Дом со зверями» // <https://a-dedushkin.livejournal.com/756336.html?ysclid=m1p3y8x6th950714418>.
63. Дончева А.В. Ландшафт в зоне воздействия промышленности. М.: Лесная промышленность, 1978. 95 с.
64. Дроботун В.С., Рязанова Л.А. Эколого-геохимическая оценка загрязнения окружающей среды химическими элементами г. Смоленска. М.: МОМГЭ ИМГРЭ, 1991. 128 с.
65. 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.
66. Ермаков В.В. Геохимическая экология и биогеохимические критерии оценки экологического состояния таксонов биосферы // Геохимия, 2015. № 3. С. 203–221.

67. *Ермаков В.В., Тютиков С.Ф.* Геохимическая экология животных. М.: Наука, 2008. 312 с.
68. Использование геохимических методов при изучении загрязнения окружающей среды (сборник научных статей). М.: ИМГРЭ, 1984. 78 с.
69. Исследование окружающей среды геохимическими методами (сборник научных статей). М.: ИМГРЭ, 1982. 103 с.
70. *Кабата-Пендиас А., Пендиас Х.* Микроэлементы в почвах и растениях: Пер. с англ. Д.В. Гричука и Е.П. Янина под ред. Ю.Е. Саета. М.: Мир, 1989. 439 с.
71. *Кайданова О.В., Сает 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.
72. *Касимов Н.С.* Экогеохимия ландшафтов. – М.: ИП Филимонов М.В., 2013. – 208 с.
73. *Касимов Н.С., Битюкова В.Р., Кислов А.В., Кошелева Н.Е., Никифорова Е.М., Малхазова С.М., Шартова Н.В.* Проблемы экогеохимии крупных городов // Разведка и охрана недр, 2012. № 7. С. 8–13.
74. *Касимов Н.С., Власов Д.В., Кошелева Н.Е., Никифорова Е.М.* Геохимия ландшафтов Восточной Москвы. М.: АПР, 2016. 276 с.
75. *Кашина Л.И., Янин Е.П.* Изменение кислотно-щелочных условий в озере Глубоком // Разведка и охрана недр, 1995. № 6. С. 36–38.
76. *Киселева Е.С.* Биогеохимическая оценка изменений состава сельскохозяйственной продукции в ландшафтах Московской области // Биогеохимические методы при изучении окружающей среды (сборник научных статей). М.: ИМГРЭ, 1989. С. 54–67.
77. *Ковальский В.В.* Геохимическая экология. М.: Наука, 1974. 299 с.
78. *Королев В.А., Некрасова М.А., Полищук С.Л.* Геопургология: очистка геологической среды от загрязнений. М.: Геоинформмарк, 1997. 47 с.
79. *Корте Ф., Бахадир М., Клайн В., Лай Я.П., Парлар Г., Шойнерт И.* Экологическая химия: Пер. с нем. М.: Мир, 1996. 396 с.
80. К 50-летию юбилею Института минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геохронология, 2007, № 2. С. 191–192.
81. *Кранихфельд Л.И.* История моей жизни (Осколки воспоминаний) Москва, 2003 г. // http://samlib.ru/l/lew_i_k/part2.shtml.
82. *Куприянова Т.П., Лебедева Л.А., Сает Ю.Е.* Поиски рудных месторождений в районе Чаткальского хребта с помощью копеечника Федченко // Мат-лы 5-й научн. конф. молодых сотрудников ИМГРЭ. – М.: ИМГРЭ, 1967.
83. *Ларин В., Мнацаканян Р., Честин И., Щварц Е.* Охрана природы России: от Горбачева до Путина. М.: КМК, 2003. 416 с.
84. *Левинсон А.* Введение в поисковую геохимию: Пер. с англ. М.: Мир, 1976. 499 с.
85. *Малевский А.Ю., Зубков А.А., Ефимова Р.И., Мушко О.Л., Мамчур Н.И.* Продукты сжигания бытового мусора и их утилизация // Исследование

окружающей среды геохимическими методами (сборник научных статей). М.: ИМГРЭ, 1982. С. 94–102.

86. Методика составления территориальной комплексной схемы (ТКС) охраны окружающей среды на примере г. Москвы. М.: НИИПИ Генплана Москвы, 1987. 260 с.

87. Методические рекомендации по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Бор. Москва: ФГУ ГКЗ, 2007. – 35 с.

88. Методические указания по оценке степени опасности загрязнения почвы химическими веществами. М.: Минздрав СССР, 1987. 25 с.

89. Методы изучения техногенных геохимических аномалий (сборник научных статей). М.: ИМГРЭ, 1984. 86 с.

90. Методы определения редких и рассеянных элементов в геологических пробах и объектах окружающей среды (сборник научных статей). М.: ИМГРЭ, 1987. 105 с.

91. *Москаленко Н.Н.* Биогеохимические особенности зеленых насаждений урбанизированных территорий (на примере г. Москвы): Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. М., 1991. 24 с.

92. *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.

93. *Нееф Э.* Теоретические основы ландшафтоведения: Пер. с нем. М.: Прогресс, 1974. 219 с.

94. *Несвижская Н.И.* Экспрессное выявление наложенных экзогенных ореолов перекрытых сульфидных месторождений: Автореф. дис. ... кандидата геолого-минералогических наук. М., 1983. – 24 с.

95. *Несвижская Н.И., Сает Ю.Е.* Геохимические поиски перекрытых сульфидных месторождений по наложенным ореолам. М.: ИМГРЭ, 1975. 78 с.

96. *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.: Гидрометеиздат, 1985. С. 10–18.

97. Новые достижения по редким элементам (сборник научных статей). М.: ИМГРЭ, 1981. 133 с.

98. Новые области применения геохимических методов (сборник научных статей). М.: ИМГРЭ, 1981. 107 с.

99. *Овчинников Л.Н.* Образование рудных месторождений. М.: Недра, 1988. 253 с.

100. *Овчинников Л.Н.* Прикладная геохимия. М.: Недра, 1990. 247 с.

101. *Овчинников Л.Н.* Прогноз рудных месторождений. М.: Недра, 1992. 308 с.

102. *Овчинников Л.Н., Григорян С.В., Сает Ю.Е., Буренков Э.К.* По накоплениям химических элементов // Городское хозяйство Москвы, 1978. № 8. С. 41–43.

103. *Онищенко Т.Л., Киселева Е.С., Горбунов А.В.* Биогеохимическая оценка воздействия минеральных удобрений // Биогеохимические методы при изучении окружающей среды (сборник научных статей). М.: ИМГРЭ, 1989. С. 85–105.
104. *Павлова Л.П., Родкин В.И., Кашина Л.И., Сает Ю.Е.* Эколого-геохимическая оценка техногенного преобразования окружающей среды района бальнеологического курорта оз. Саки // Исследование окружающей среды геохимическими методами (сборник научных статей). М.: ИМГРЭ, 1982. С. 78–86.
105. *Павлова Л.Н., Сает Ю.Е., Ревич Б.А.* Информационная записка «Геохимическая оценка состояния окружающей среды Ялтинского курортно-рекреационного подрайона и рекомендации по ее улучшению». Москва, 1985. 48 с.
106. Памяти Юлия Ефимовича Саета (к 80-летию со дня рождения) // Разведка и охрана недр, 2014. № 9. С. 65–66.
107. *Перельман А.И.* Геохимия элементов в зоне гипергенеза. М.: Недра, 1972. 288 с.
108. *Перельман А.И.* Геохимия биосферы. М.: Наука, 1973. 168 с.
109. *Перельман А.И.* Геохимия ландшафта. М.: Высшая школа, 1975. 342 с.
110. *Перельман А.И.* Геохимия техногенеза // Проблемы минерального сырья. Памяти академика А.Е. Ферсмана. М.: Наука, 1975. С. 199–208.
111. *Перельман А.И.* Биокосные системы Земли. М.: Наука, 1977. 160 с.
112. *Перельман А.И.* Геохимия. М.: Высшая школа, 1989. 528 с.
113. *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.
114. *Перельман А.И., Касимов Н.С.* Геохимия ландшафта. М.: Астрей-2000, 1999. 768 с.
115. *Приваленко В.В.* Комплексный эколого-геохимический анализ природно-техногенных процессов в пойме Северского Донца: Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. М., 1987. 25 с.
116. *Приваленко В.В.* Техногенная геохимия и биогеохимия городов Нижнего Дона: Автореферат дисс. ... доктора биологических наук. – М., 1995. – 52 с.
117. Применение обработанных химическими реагентами осадков сточных городских вод в качестве удобрения (Рекомендации). Владимир: ВНИПТИОУ, 1986. 31 с.
118. 50 лет Институту минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов // Литологии и полезные ископаемые, 2007. № 2. С. 218–220.
119. *Разенкова Н.И., Филиппова Т.В., Янин Е.П.* О формах нахождения тяжелых металлов в техногенном потоке // Методы изучения техногенных геохимических аномалий. – М.: ИМГРЭ, 1984. С. 66–69.
120. *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.
121. *Ревич Б.А.* Гигиеническая оценка содержания некоторых химических элементов в биосубстратах человека // Гигиена и санитария, 1986, № 7. С. 59–62.

122. *Ревич Б.А.* Научные основы гигиенических исследований окружающей среды городов с использованием геохимических методов: Автореферат дис. ... доктора медицинских наук. М., 1992. 48 с.
123. *Ревич Б.А., Несвижская Н.И., Журавлева М.Г. и др.* Эколого-геохимическая оценка аномалий тяжелых металлов (в 2-х томах). М.: МОМГЭ ИМГРЭ, 1986.
124. *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.
125. *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.
126. *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.
127. *Ревич Б.А., Сотсков Ю.П., Тростина В.И.* Накопление химических элементов в организме человека в техногенных геохимических аномалиях // Методы изучения техногенных геохимических аномалий (сборник научных статей). М.: ИМГРЭ, 1984. С. 20–31.
128. Результаты биогеохимических работ в городах Армянской ССР. М.: ИМГРЭ. 1985. 170 с.
129. *Романюк С.К.* Из истории Московских переулков. М.: Московский рабочий, 1988. 304 с.
130. *Сагателян А.К., Саакян Л.В., Беляева О.А., Тепаносян Г.О., Пипоян Д.А.* Эволюция эколого-геохимических исследований в Армении // Известия РАН. Серия географическая, 2016. № 4. С. 119–127.
131. *Сает Г.Ю.* Сает Юлий Ефимович // Московская энциклопедия. Т. 1: Лица Москвы. Книга 4: Р–Т. М.: ОАО «Московские учебники», 2012, с. 134.
132. *Сает Ю.Е.* Ландшафтно-геохимические основы комплексных поисков эндогенных месторождений бора: Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. М.: ИМГРЭ, 1968. 24 с.
133. *Сает Ю.Е.* Коэффициент миграционной способности элементов и его применение для интерпретации геохимических аномалий при поисках месторождений бора // Очерки геохимии эндогенных и гипергенных процессов. М.: Наука, 1966. С. 304–310.
134. *Сает Ю.Е.* Геохимические основы комплексных поисков бора по вторичным ореолам рассеяния // Советская геология, 1969. № 2.
135. *Сает Ю.Е.* Геохимические методы поисков сульфидных месторождений, перекрытых аллохтонными отложениями, по эпигенетическим ореолам рассеяния // Междунар. геол. конгресс. XXV сессия. Доклады советских геологов. Геохимия. Минералогия. Петрология. М.: Наука, 1976. С. 62–72.
136. *Сает Ю.Е.* Расчет экономической эффективности методики экспрессных геохимических поисков перекрытых месторождений по наложенным ореолам рассеяния в почвах (по результатам ее внедрения в Атасуйском рудном

районе Центрального Казахстана) // Редкие элементы. Вып. 13. М.: ИМГРЭ, 1977. С. 67–71.

137. *Сает Ю.Е.* Антропогенные геохимические аномалии (особенности, методика изучения и экологическое значение): Автореф. дис. ... док. геол.-мин. наук. М., 1982. 53 с.

138. *Сает Ю.Е.* Вторичные геохимические ореолы при поисках рудных месторождений. М.: Наука, 1982. 168 с.

139. *Сает Ю.Е.* Геохимическая оценка техногенной нагрузки на окружающую среду // Геохимия ландшафтов и география почв. М.: Изд-во МГУ, 1982. С. 84–100.

140. *Сает Ю.Е.* Методические основы эколого-геохимических исследований при геологоразведочных работах // Разведка и охрана недр, 1986. № 5. С. 35–39.

141. *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.

142. *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.

143. *Сает Ю.Е., Алексинская Л.Н., Янин Е.П.* Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения поверхностных водотоков химическими элементами. М.: ИМГРЭ, 1982. 74 с.

144. *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.

145. *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.

146. *Сает Ю.Е., Башаркевич И.Л., Ревич Б.А.* Методические рекомендации по геохимической оценке источников загрязнения окружающей среды. М.: ИМГРЭ, 1982. 66 с.

147. *Сает Ю.Е., Булавский Ю.И., Ефимова Р.И.* Характер перераспределения элементов в горизонтах зоны гипергенеза медноколчеданных проявлений в сухостепных ландшафтах // Вопросы применения геохимии ландшафтов при поисках рудных месторождений. – Алма-Ата: Казгеофизтрест, 1972. С. 119–120.

148. *Сает Ю.Е., Глебов А.В.* Геохимическая оценка антропогенного воздействия и оптимизация взаимодействия общества и окружающей среды // Исследование окружающей среды геохимическими методами. М.: ИМГРЭ, 1982. С. 3–15.

149. *Сает Ю.Е., Ефимова Р.И., Фридман Г.А.* Физико-химические условия и особенности распределения типоморфных элементов в зоне гипергенеза медноколчеданных месторождений Мугоджар // Геохимия, 1974. № 8. С. 1143–1154.

150. Сает Ю.Е., Изумнов Н.Я., Несвижская Н.И. Геохимические поиски эндогенных месторождений бора по вторичным ореолам рассеяния. М.: Наука, 1973. 135 с.
151. Сает Ю.Е., Несвижская Н.И. Изучение форм нахождения элементов во вторичных ореолах рассеяния. М.: ВИЭМС, 1974. 45 с.
152. Сает Ю.Е., Несвижская Н.И. Геохимические ореолы в неозелювиальных 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.
153. Сает Ю.Е., Несвижская Н.И., Ефимова Р.И. Геолого-геохимические предпосылки и методика изучения форм нахождения элементов в наложенных геохимических ореолах // Литогеохимические методы при поисках скрытого оруденения. – М.: ИМГРЭ, 1972. С. 98–100.
154. 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.
155. Сает Ю.Е., Ревич Б.А. Геохимические аспекты экологии человека в городе // Проблемы экологии человека. М.: Наука, 1986. С. 33–42.
156. 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.
157. 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.
158. 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.
159. Сает Ю.Е., Смирнова Р.С. Геохимические принципы выявления зон воздействия промышленных выбросов в городских агломерациях // Вопросы географии, 1983. № 120. С. 45–55.
160. Сает Ю.Е., Сорокина Е.П., Григорьева О.Г., Евтеева Е.Б., Янин Е.П., Янишевская Н.Б. Записка-рекомендация. Использование геохимических методов при оценке степени загрязнения окружающей среды для территории с разнообразным характером хозяйственного освоения (на примере бассейна р. Пахры). М.: ИМГРЭ, 1980. 68 с. (Передано в ГлавАПУ Московской области, в Институт Генпланов Московской области).
161. Сает Ю.Е., Сорокина Е.П., Ревич Б.А., Алексинская Л.Н., Ачкасов А.И., Глебов А.В., Трефилова Н.Я., Янин Е.П. Записка-рекомендация. Геохимическая оценка состояния окружающей среды некоторых городов Московской области. М.: ИМГРЭ, 1988. 130 с. (Передано в Институт Генпланов Московской области).

162. 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.
163. 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.
164. 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.
165. Сает Ю.Е., Фридман Г.А., Изумнов Н.Я., Федорова М.А. Методические основы проведения геохимических поисков бора в условиях таежно-мерзлотных, лесных и степных ландшафтов // Мат-лы к Всес. семинару по эффективности геохимических поисков рудных месторождений. – М.: ИМГРЭ, 1967.
166. 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.
167. 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.
168. 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.
169. Сает Ю.Е., Янин Е.П. Геохимические закономерности образования антропогенных потоков рассеяния химических элементов в малых реках // Методы изучения техногенных геохимических аномалий. М.: ИМГРЭ, 1984. С. 31–44.
170. Сает Ю.Е., Янин Е.П. О комплексном составе техногенных гидрохимических аномалий // Водные ресурсы, 1991, № 2. С. 135–140.
171. Самаев С.Б., Соколов Л.С. Эколого-геохимическая оценка Московского региона // Разведка и охрана недр, 2004. № 3. С. 78 – 82.
172. Сауков А.А. Геохимические очерки. М.: Наука, 1976. 556 с.
173. Сафронов Н.И. Основы геохимических методов поисков рудных месторождений (методическое пособие): Ч. 1. Л.: ВИТР, 1962. 145 с.
174. Сафронов Н.И. Основы геохимических методов поисков рудных месторождений. Л.: Недра, 1971. 216 с.
175. Скрининговые методы для выявления групп повышенного риска среди рабочих, контактирующих с токсичными химическими элементами. М.: МОНИКИ, 1989. 23 с.

176. *Смирнова Р.С., Павлова Л.Н.* Геохимические карты и оценка окружающей среды городов // Исследование окружающей среды геохимическими методами. М.: ИМГРЭ, 1982. С. 38–43.
177. *Соколов Л.С., Горшенина С.В., Соколова Т.И., Тарфеев В.Н.* Ртуть в приземной атмосфере Москвы и некоторых других районов Советского Союза. М.: МОМГЭ ИМГРЭ, 1986. 143 с.
178. *Солнцев В.Н.* Системная организация ландшафтов. – М.: Мысль, 1981. – 239 с.
179. *Сорокина Е.П.* Картографирование техногенных аномалий в целях геохимической оценки урбанизированных территорий // Вопросы географии, 1983. № 120. С. 55–67.
180. *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.: Гидрометеоздат, 1980. С. 91–99.
181. *Сорокина Е.П., Кулачкова О.Г., Онищенко Т.Л.* Сравнительный геохимический анализ воздействия на окружающую среду промышленных предприятий различного типа // Методы изучения техногенных геохимических аномалий. М.: ИМГРЭ, 1984. С. 9–20.
182. *Сорокина Е.П., Сает Ю.Е., Григорьева О.Г., Янин Е.П., Янишевская Н.Б.* Записка-рекомендация. Геохимическая оценка состояния окружающей среды города Подольска. М.: ИМГРЭ, 1980. 63 с. (Передано в Подольский горисполком, Подольскую РайСЭС, ИПГ).
183. *Сорокина Е.П., Трефилова Н.Я., Ачкасов А.И.* Опыт биогеохимической оценки сельскохозяйственных угодий на территории промышленного района // Биогеохимические методы при изучении окружающей среды (сборник научных статей). М.: ИМГРЭ, 1989. С. 105–117.
184. *Сорокина Е.П., Янишевская Н.Б., Борисенко И.Л.* Техногенные аномалии в почвах города как индикатор загрязнения атмосферы промышленными выбросами // Исследование окружающей среды геохимическими методами. М.: ИМГРЭ, 1982. С. 25–37.
185. *Справочник по геохимическим поискам полезных ископаемых.* М.: Недра, 1990. 335 с.
186. *Сутурин А.Н., Кочнев Н.К.* Агрогеохимия – новый раздел биогеохимии // Современные проблемы теоретической и прикладной геохимии. Новосибирск: Наука, 1987. С. 200–204.
187. *Таращкявичюс Р.* Техногенные геохимические потоки промышленного города (на примере г. Вильнюса): Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. Вильнюс, 1992. 22 с.
188. *Теория и методология экологической геологии.* М.: Изд-во МГУ, 1997. 368 с.
189. *Трефилова Н.Я., Ачкасов А.И.* Биогеохимические последствия применения органических удобрений // Биогеохимические методы при изучении окружающей среды. М.: ИМГРЭ, 1989. С. 44–53.

190. Тяжелые металлы в окружающей среде. М.: Изд-во МГУ, 1980. 356 с.
191. *Файф У.С.* Кризис окружающей среды: количественная оценка взаимодействия геосфер // Современные проблемы геодинамики: Пер. с англ. М.: Мир, 1984. С. 259–274.
192. *Ферсман А.Е.* Геохимия: Т. 2. Л.: Химтеорет, 1934. 354 с.
193. *Фортескью Дж.* Геохимия окружающей среды: Пер. с англ. М.: Прогресс, 1985. 360 с.
194. Химия окружающей среды: Пер. с англ. М.: Химия, 1982. 672 с.
195. *Хокс Х.Е., Уэбб Дж.С.* Геохимические методы поисков минеральных месторождений: Пер. с англ. М.: Мир, 1964. 487 с.
196. *Хомич В.С., Какарека С.В., Кухарчик Т.И., Кравчук Л.А.* Светлогорск: экологический анализ города. Минск: РУП «Минсктиппроект», 2002. 212 с.
197. *Шишкина Д.Ю.* Тяжелые металлы в почвах Ростова-на-Дону. Ростов-на-Дону; Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2017. 98 с.
198. *Щербаков А.П.* Озеро Глубокое: Гидробиологический очерк. М.: Наука, 1967. 379 с.,
199. Экогеохимия Западной Сибири. Тяжелые металлы и радионуклиды. Новосибирск: Изд-во СО РАН, НИЦ ОИГГМ, 1996. 248 с.
200. *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.
201. *Янин Е.П.* Антропогенные потоки рассеяния химических элементов в поверхностных водотоках // Исследование окружающей среды геохимическими методами. М.: ИМГРЭ, 1982. С. 43–56.
202. *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.
203. *Янин Е.П.* Геохимические закономерности формирования антропогенных потоков рассеяния химических элементов в малых реках: Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. М., 1985. 25 с.
204. *Янин Е.П.* Геохимические особенности малых рек сельскохозяйственных ландшафтов // География и природные ресурсы, 1985. № 1. С. 167–168.
205. *Янин Е.П.* Техногенные потоки рассеяния химических элементов в донных отложениях поверхностных водотоков // Советская геология, 1988. № 10. С. 101–109.
206. *Янин Е.П.* Биогеохимическая индикация загрязнения водных систем ртутью // Биогеохимические методы при изучении окружающей среды. М.: ИМГРЭ, 1989. С. 35–37.
207. *Янин Е.П.* Ртуть в ирригационных ландшафтах поймы реки Нуры в условиях интенсивного промышленного воздействия // Биогеохимические методы при изучении окружающей среды. М.: ИМГРЭ, 1989. С. 15–25.
208. *Янин Е.П.* Экогеохимическая оценка загрязнения реки Нуры ртутью. М.: ИМГРЭ, 1989. 43 с.

209. Янин Е.П. Ртуть в окружающей среде промышленного города. М.: ИМГРЭ, 1992. 169 с.
210. Янин Е.П. Экологическая геохимия горнопромышленных территорий. М.: Геоинформмарк, 1993. 50 с.
211. 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.
212. Янин Е.П. Истоки, принципы и основные понятия экологической геохимии // Геохимические исследования городских агломераций. М.: ИМГРЭ, 1998. С. 13–40.
213. Янин Е.П. К истории эколого-геохимических исследований в ИМГРЭ // Геохимические исследования городских агломераций. М.: ИМГРЭ, 1998. С. 158–165.
214. Янин Е.П. Электротехническая промышленность и окружающая среда (эколого-геохимические аспекты). М.: Диалог-МГУ, 1998. 281 с.
215. Янин Е.П. Введение в экологическую геохимию. М.: ИМГРЭ, 1999. 68 с.
216. Янин Е.П. Принципы и методические основы эколого-геохимических исследований // Отечественная геология, 1999. № 1. С. 54–58.
217. Янин Е.П. Эколого-геохимические аспекты воздействия аккумуляторной промышленности на окружающую среду // Ресурсосберегающие технологии, 2002. № 18. С. 3–33.
218. 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.
219. Янин Е.П. Национальные и региональные проекты по экологическому картированию в зарубежных странах // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов, 2003, № 1. С. 88–102.
220. Янин Е.П. О предмете экологической геохимии // Прикладная геохимия. Вып. 6. Экологическая геохимия Москвы и Подмосковья. М.: ИМГРЭ, 2004. С. 23–38.
221. Янин Е.П. Химический состав и минералогические особенности техногенных илов реки Нуры. М.: ИМГРЭ, 2004. 22 с.
222. 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.
223. Янин Е.П. Основные положения учения В.И. Вернадского о живом веществе и его биогеохимических функциях // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов, 2016. № 9. С. 19–30.
224. Янин Е.П. Основные положения представлений В.И. Вернадского о биогенной миграции химических элементов // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов, 2019. № 9. С. 3–13.
225. Янин Е.П. У истоков экологической геохимии (к 85-летию со дня рождения Ю.Е. Саета) // Разведка и охрана недр, 2019. № 10. С. 47–54.

226. Янин Е.П. Из архивного наследия академика В.И. Вернадского. История и судьба сборника «Живое вещество». М.: НП «АРСО», 2022. 372 с.
227. Янин Е.П., Кашина Л.И. Геохимические особенности антропогенных потоков рассеяния ртути вблизи крупной промышленно-урбанизированной зоны // Новые области применения геохимических методов. М.: ИМГРЭ, 1981. С. 13–17.
228. Янин Е.П., Кулачкова О.Г., Сорокина Е.П. Информационная записка. Геохимическая оценка состояния окружающей среды в городе Троицке Московской области. М.: ИМГРЭ, 1987. 35 с. (Передано в Троицкий горсовет).
229. Янин Е.П., Тимошкин Г.А. Техногенные потоки рассеяния химических элементов в поверхностных водотоках горнопромышленных ландшафтов // Био-геохимические методы при изучении окружающей среды. М.: ИМГРЭ, 1989. С. 37–44.
230. Яницкий О.Н. Двадцать лет российской трансформации. Экологическая ретроспектива: 1985-2004 гг. (Предварительные итоги) // Общественные науки и современность, 2005. № 4. С. 26–36.
231. Bowen H.J.M. Environmental Chemistry of the Elements. London etc.: Academic Press, 1979. 317 p.
232. Gvildis V.Yu., Kashina L.I., Sayet Yu. E., Smirnov Yu.N. Studies of background levels of anthropogenic organic substances and their natural analogs in Lake Glubokoe // Hydrobiologia, 1986. V. 141. P. 25–31.
233. Hawkes H.E., Webb J.S. Geochemistry in Mineral Exploration. Harper and Row Publ., New York and Evanston, 1962. 415 p.
234. Heaven S., Ilyushenko M.A., Tanton T.W., Ullrich S.M., Yanin E.P. Mercury in the River Nura and its floodplain, Central Kazakhstan: I. River sediments and water // The Science of the Total Environment, 2000. V. 260. № 1–3. P. 35–44.
235. Heaven S., Ilyushenko M.A., Kamberov I.M., Politicov M.I., Tanton T.W., Ullrich S.M., Yanin E.P. Mercury in the River Nura and its floodplain, Central Kazakhstan: II. Floodplain soils and riverbank silt deposits // The Science of the Total Environment, 2000. V. 260. № 1–3. P. 45–55.
236. Levinson A.A. Introduction to exploration geochemistry. Calgary: Applied Publ. Ltd., 1974. 612 p.
237. Plant J., Moore N. Regional geochemical mapping and interpretation in Britain // Phil. Trans. Roy. Soc. London, 1979. V. 288. P. 95–112.
238. Provisional geochemical atlas of Northern Ireland. Oxford: Clarendon press, 1973. 47 p.
239. Purves D. Contamination of urban garden soils with copper and boron // Nature, 1966. V. 210. P. 1077–1078.
240. Purves D. Trace-element contamination of the environment. Amsterdam: Elsevier Science Ltd, 1977. 260 p.
241. Solomatina E. Geohemia w służbie ekologii miast // Przycz. pol., 1985. № 11. P. 29.
242. Tanton T., Heaven S., Ilyushenko M., Veselov V., Yanin E.P., Pedrizetti G. Development of Options for Damage Limitation and Environmental Restoration of

Mercury-contaminated Areas in North-Central Kazakhstan. Final Report. INCO-Copernicus Contract No. IC15-CT96-0110. 1 February 1997 to 31 January 1999, 1999. 82 p.

243. The Wolfson geochemical atlas of England and Wales. Oxford: Clarendon press, 1977. 69 p.

244. *Thornton I., Plant J.* Regional geochemical mapping and health in the United Kingdom // *J. Geol. Soc.*, 1980. V. 137. № 5. P. 575–586.

245. *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.

246. *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.

247. *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.

248. *Wood J.M.* Biological cycles for toxic elements in the environment // *Science*, 1974. V. 183. P. 1049–1054.

249. *Wood J.M.* Biological cycles for elements in the environment // *Die Naturwissenschaften*, 1975. № 8. P. 357–365.

250. *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.

251. *Yanin E.P.* Mercury in surroundings of the city of Temirtau, Central Kazakhstan. Moscow, IMGRE, 1997. 30 p.

252. *Yanin E.P., Sayet Y.E., Kashina L.I.* Hydrochemistry of Lake Glubokoe // *Hydrobiologia*, 1986. V. 141. № 1–2. P. 11–23.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Ю.Е. Сает — от поисковой геохимии к эколого-геохимическим исследованиям	13
Начало и развитие эколого-геохимических исследований	32
Обоснование принципов и методических основ эколого-геохимических исследований	73
Заключение	116
Литература	119

Евгений Петрович Янин

Из истории развития эколого-геохимических исследований в
СССР

Отпечатано в ООО «Красногорская типография».

143405, Московская область, г. Красногорск,

Коммунальный квартал, дом 2.

Заказ № 2911-24.

Формат 60х90/16. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 8,5.

ISBN 978-5-6053052-1-7



9 785605 305217 >