

Аналитическая химия на Земле, в океане и в космосе

К 75-летию ГЕОХИ РАН

В. П. Колотов, чл.-корр. РАН¹, Н.С.Безаева, д. ф.-м. н.¹

Институт геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского – один из крупнейших институтов Российской академии наук. ГЕОХИ РАН – ведущий научный центр в сфере геохимии, аналитической химии, радиохимии, биогеохимии и экологии, космохимии, лунно-планетных и морских исследований.

Об истории и выдающихся ученых института, о направлениях научных исследований и разработок за 75 лет успешной работы рассказывают научный руководитель ГЕОХИ РАН по направлению «Аналитическая химия» Владимир Пантелеймонович Колотов и ведущий научный сотрудник лаборатории метеоритики и космохимии Наталья Сергеевна Безаева.

История и основные научные достижения института

В 2022 году Ордена Ленина и Ордена Октябрьской Революции Институт геохимии и аналитической химии имени В. И. Вернадского Российской

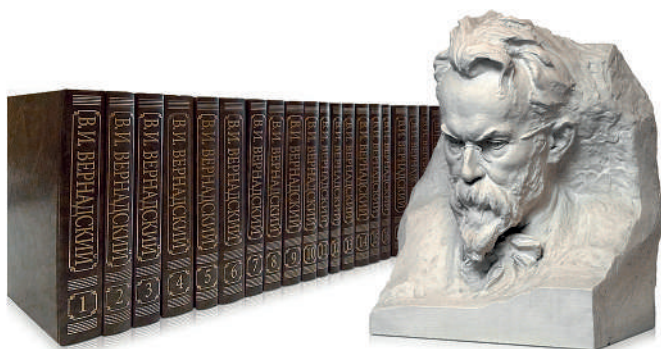
академии наук (ГЕОХИ РАН) отмечает свой 75-летний юбилей. В марте 1947 года Президиум Академии наук СССР принял решение о преобразовании Лаборатории геохимических проблем АН СССР им. В. И. Вернадского (ранее носившей название биогеохимической лаборатории (БИОГЕЛ)) в Институт геохимии и аналитической химии имени В. И. Вернадского, и с 3 апреля 1947 года Институт начал функционировать в этом статусе.

Владимир Иванович Вернадский – великий русский ученый, естествоиспытатель, философ, основоположник геохимии и биогеохимии, радиогеологии, космохимии и метеоритики. Научные идеи В. И. Вернадского о развитии космоса, закономерной химической эволюции планеты и ее биосферы, возрастающем влиянии на ее развитие деятельности человека определили основные направления научных исследований института.

Первым директором и организатором института был академик А. П. Виноградов – один из ближайших учеников В. И. Вернадского. В 1976–1992 годах институтом руководил



Фасад ГЕОХИ РАН: главный вход со стороны ул. Косыгина (Москва)



Бюст и собрание сочинений В. И. Вернадского в двадцати четырех томах

академик В. Л. Барсуков. С 1992 по 2015 год – академик Э. М. Галимов. С 2015 по май 2021 года – академик Ю. А. Костицын. Далее, вр. и. о. директора был назначен чл.-корр. РАН В. П. Колотов, а с конца октября 2021 года и. о. директора – чл.-корр. РАН Р. Х. Хамизов.

С институтом связаны имена целой плеяды выдающихся ученых, внесших большой вклад в развитие геохимии, космохимии, аналитической химии и радиохимии. Это члены Российской академии наук, как работавшие в Институте ранее (академики И. П. Алимарин, В. Л. Барсуков, Э. М. Галимов, А. Б. Ронов, Л. В. Таусон, В. С. Урусов, члены-корреспонденты РАН Л. А. Грибов, Д. И. Рябчиков, Б. Я. Спиваков, А. И. Тугаринов, Г. Б. Удинцев, Н. И. Хитаров, член-корреспондент ВАСХНИЛ В. В. Ковальский), так и ныне здравствующие ученые (академики Ю. А. Золотов, Л. Н. Когарко, Ю. А. Костицын, М. Я. Маров, Б. Ф. Мясоедов, М. А. Федонкин, члены-корреспонденты РАН Ф. В. Каминский, В. П. Колотов, Р. Х. Хамизов, О. Л. Кусков, Т. И. Мойсеенко).

С момента организации институт активно развивал фундаментальные и прикладные исследования, важные для страны. За выдающиеся научные достижения 24 сотрудника стали лауреатами Ленинской и Государственных премий, 20 ученым присуждены именные премии Академии наук. За вклад в решение задач государственной важности институт удостоен орденов Ленина и Октябрьской Революции.

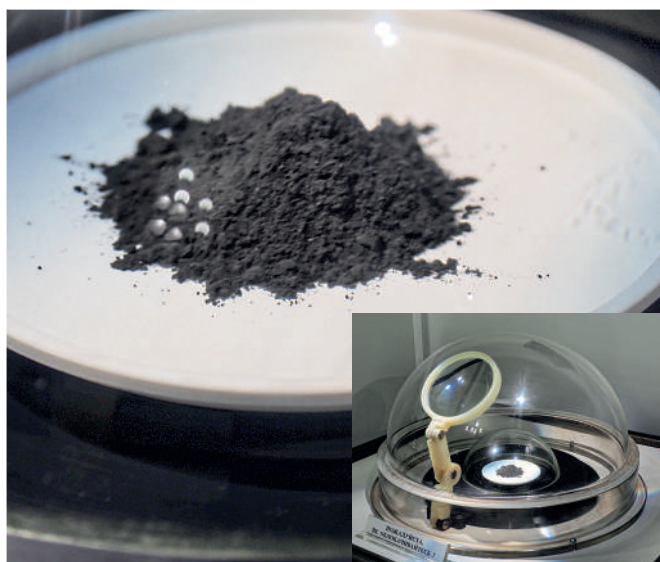
В первые годы после Второй мировой войны институт занимался проблемами атомной энергетики. Принимал участие в аналитическом обеспечении технологических процессов производства на радиохимических предприятиях плутониевого комплекса. Здесь решались фундаментальные



Холл В. И. Вернадского в главном корпусе ГЕОХИ РАН с постоянной экспозицией, посвященной жизни и профессиональному пути выдающегося ученого. В окна видно здание бывшей биогеохимической лаборатории В. И. Вернадского, на базе которой был создан ГЕОХИ РАН



Центральная лестница главного корпуса ГЕОХИ РАН. Внизу: портретная галерея сотрудников института – членов Российской академии наук. Вверху: панно 40 м², изображающее внутреннее строение Земли и вулканы на ее поверхности



Музей внеземного вещества ГЕОХИ РАН. а – общий вид; б – экспозиция приборов, созданных в ГЕОХИ РАН и установленных на космические аппараты для изучения Луны и Венеры; в – лунный грунт, возвращенный автоматической лунной станцией «Луна-16» в 1970 году

вопросы радиохимии, разделения трансурановых и редкоземельных элементов, поиска уранового сырья. Институт активно работал над развитием различных методов ультраследового элементного анализа, над поиском новых способов разделения и концентрирования веществ, над задачей поиска в природе стратегических металлов и способами их выделения.

В Институте зародилась отечественная школа изотопной геохимии. **Изотопные исследования** играют ключевую роль в создании новых геологических и космологических концепций, понимании геохимических и космохимических процессов и их датировании в геологическом времени. Институт стоял у истоков этого метода и внес большой вклад в развитие теории изотопных эффектов, в создании новых методов изотопной геохронологии. Академик А. П. Виноградов организовал первую в стране лабораторию для изучения поведения изотопов в природных процессах.

Впервые произведены расчеты термодинамических изотопных факторов органических соединений. Введено понятие внутримолекулярных изотопных эффектов. Разработан метод изотопических чисел связей, который позволил теоретически оценить изотопные характеристики сложных органических соединений и биополимеров, включая липиды, углеводы, пептиды. Создана теория биологического фракционирования изотопов. Выполнены классические работы в области геохимии изотопов углерода, кислорода, серы. С помощью радиоизотопных методов датирования получены новые данные, характеризующие основные этапы эволюции земной коры для различных регионов. В области изучения фракционирования стабильных изотопов в последнее время были развиты новые методы оценки констант равновесного разделения изотопов, основанные на использовании термодинамической теории возмущений.

В. И. Вернадский рассматривал Землю как планетарное тело, изучение которого следует вести в связи с космическими явлениями. С приходом космической эры Институт стал головным в области исследования вещества Луны и планет. В Институте были заложены **основы космохимии, геохимии планет и сравнительной планетологии**. Детально исследована роль космических излучений и процессов нуклеогенеза, химический и минералогический состав вещества метеоритов, явления ударного кратерообразования на поверхности Земли и планет. Разработаны научные приборы для исследования внеземного вещества (гамма- и рентгеновские спектрометры, масс-спектрометры, нейтронные

детекторы, газоанализаторы и др.), которые устанавливались на первых космических аппаратах, направлявшихся к Луне и Венере. Впервые в мире в институте был определен химический состав пород Луны (1966), Марса (1975, 1988), атмосферы и пород Венеры (1967, 1972), составлен первый в мире атлас поверхности Венеры (1991). В институт были переданы и до сих пор хранятся в специальных условиях образцы лунного грунта, доставленного советскими автоматическими станциями «Луна-16», «Луна-20» и «Луна-24».

В институте функционирует Комитет по метеоритам РАН, хранится старейшая коллекция метеоритов, включающая более 3250 уникальных экземпляров и более 20 тыс. образцов, которая постоянно пополняется за счет работы с населением и организации экспедиций.

Разработаны новые методы реконструкции химического состава, минерального строения и теплового режима планет по совокупности геохимических, петрологических и геофизических данных. Построены геохимико-геофизические модели внутреннего строения Земли, Марса, Луны и спутников Юпитера Ио, Европы, Ганимеда и Каллисто. Используя данные по сейсмическому зондированию Луны, полученные в экспедиции «Аполлон», удалось смоделировать химико-минералогическое строение нижней мантии Луны и оценить размер ядра Луны (~300–320 км).

Разработаны оригинальные алгоритмы, на основе которых проведено численное моделирование внутренней структуры пространственно-неоднородных пылевых фрактальных кластеров как основы формирования первичных твердых тел. Проведены исследования роста таких тел при столкновениях с учетом кинетической энергии взаимодействий и упругости вплоть до размеров планетезималей – зародышей планет. Проведено моделирование миграции вещества в современной и формирующейся Солнечной системе в сопоставлении с планетными системами у одиночных звезд. Изучено формирование зародышей спутниковых систем, включая зародыши Земли и Луны, на стадии разреженных сгущений.

Совместно с учеными США проведены исследования **геологического строения Венеры, Марса и малых тел Солнечной системы**, основанные на геолого-морфологическом анализе ТВ-снимков этих планет и данных ИК-спектроскопии. Выявлены следы геологических процессов на поверхности Марса с участием воды.

В результате определения в метеоритах долгоживущих изотопов ^{54}Mn , ^{22}Na , ^{26}Al , возникающих в результате воздействия жесткого галактического

космического излучения, установлены закономерности изменения плотности этого излучения в околосолнечном пространстве.

В институте создана **новая геохимическая концепция образования Земли** и начальных этапов ее эволюции, представления о многостадийном характере формирования земного ядра и его влиянии на химическую дифференциацию Земли, окислительно-восстановительное состояние мантии и состав продуктов дегазации планеты. В рамках концепции осуществлено воссоздание геохимической обстановки возникновения жизни на ранних этапах эволюции Земли.

Значительное место в работах института занимают **исследования по геохимии океана и океанического дна**. В ходе многочисленных морских экспедиций получены важные сведения о строении дна океана, геохимических и биогеохимических процессах, происходящих в морских водах и осадках, обобщен обширный материал по геоморфологии дна, изотопной органической геохимии и металлогении осадков.

Исследования кристаллического фундамента океанического дна направлены на определение состава океанической мантии и познание глубинных процессов формирования и движения вещества Земли, **условий магмаобразования и магматической дифференциации в сложных динамических условиях мантийной конвекции**, перемещения литосферных плит, обмена веществом в системе кора мантия Земли под воздействием горячих мантийных струй. Доказана значительная роль рециклированной океанической коры в мантийном магматизме, установлены составы и разработаны модели образования мантийных магм над зонами субдукции, выявлены P-T-условия метаморфизма пород океанической коры.

Количественная сторона рециклинга коры до сих пор остается малоизученной. Совместно с зарубежными коллегами было установлено присутствие молодого корового материала фанерозойского возраста в мантийных источниках Гавайских магм. Это позволило оценить **скорость рециклирования материала коры** в мантии Земли, которая составила 13 см/год.

Серией экологических рейсов в северные моря выявлены закономерности распределения техногенных радионуклидов в морских и прибрежных водах и донных отложениях. Особенность **радиоэкологии российской Арктики** состоит в том, что в арктические воды Карского моря текут реки Обь, Енисей, в гидрографической сети которых расположены гиганты российской радиохимической индустрии.

Помимо этого, на острове Новая Земля производились ядерные испытания. Особенность и уникальность этой работы состоит в том, что картирование проводили одновременно с биогеохимическими исследованиями. Показано, что присутствие радионуклидов в Карском море не превышает допустимых значений. Это важно в связи с обеспокоенностью, звучавшей в прессе, относительно опасной загрязненности российской Арктики.

Предложена **новая концепция развития и роста щелочного магматизма в истории Земли**. Его возникновение на рубеже 2,5–3 млрд лет связано с изменением геодинамического режима планеты, определяемого сменой тектоники плюмов на тектонику плит, окислением мантии и активизацией крупномасштабного мантийного метасоматоза. Геохимические исследования щелочного и карбонатитового магматизма Земли привели к созданию теории формирования связанных с ним редкометалльных месторождений. На количественном уровне **установлен потенциал запасов стратегических металлов щелочных комплексов Восточной Фенноскандии и Полярной Сибири** и оценена комплексность редкометалльных руд для их использования в промышленности. Впервые с помощью современной модели «абсолютных» палеотектонических реконструкций показана связь карбонатитов с африканской зоной генерации глубинных плюмов на границе ядро-нижняя мантия.

Институт внес вклад в развитие нового направления в геохимии, связанного с выяснением **зависимости геохимических процессов от изменения окислительно-восстановительного состояния планетарного вещества** при его химической дифференциации. Получены свидетельства значительных вариаций составов флюидов мантии как отражение изменения баланса кислорода при формировании металлического ядра Земли, плавления и эволюции геодинамического режима планеты.

Проведены фундаментальные экспериментальные и теоретические исследования **химической дифференциации магм** при их кристаллизации, ликвации силикатных жидкостей и формирования флюидов, разработаны модели магмообразования при адиабатической декомпрессии глубинных пород, исследованы процессы дегазации магм при их подъеме и кристаллизации. Впервые получены данные по влиянию флюидов на физико-химические свойства магматических расплавов, магматических и метаморфических пород литосферы (вязкость, плотность, электропроводность, скорость упругих волн) при высоких температурах и давлениях.

Рассмотрение **эволюции геохимических резервуаров Земли**, ее геосфер во взаимосвязанной динамической зависимости является изначальным пунктом ряда концепций, развитых в институте. К ним относятся представления о закономерностях строения и геохимической эволюции осадочной оболочки Земли, эволюции состава земной коры, океана и атмосферы.

Впервые составлены **литолого-палеогеографические карты** масштаба 1:20 000 000 для неогена и эоцен-эоценова Евразии, включая российскую Арктику. Получены количественные параметры эволюции седиментации равнинных и горных областей, а также важных генетических типов континентальных отложений.

Ученые Института внесли существенный вклад в **создание экспериментальных и термодинамических основ гидротермальных процессов**, в изучение физико-химических условий концентрирования рудных элементов в литосфере, при формировании магматических флюидов, при преобразовании осадочной породы, содержащей кероген.

Институт является ведущим в стране в области **геохимии органического вещества и геохимии углерода**, поведение которого глубже всего отражает взаимодействие живой и неживой природы. Создана теория биологического фракционирования изотопов, разработаны молекулярно-изотопные критерии для исследования процессов в органической и нефтяной геохимии. Выявлены закономерности распределения изотопов углерода в алмазах и развиты модели алмазообразования. Установлены закономерности изменения изотопного баланса углерода биосферы в различные геологические эпохи. Выдвинута новая концепция зарождения и эволюции жизни, согласно которой ключевую роль в переходе от первичных органических соединений к предбиологической, а затем биологической эволюции сыграла молекула аденозинтрифосфата (АТФ). Предполагается, что для протекания этих процессов требуется восстановительная обстановка в окружающей среде на ранних этапах развития Земли.

Биогеохимические исследования, начатые В. И. Вернадским, привели в дальнейшем к развитию теории формирования и эволюции биогеохимических провинций, созданию геохимической экологии, учения о взаимодействии организмов и их сообществ с геохимической средой, о вещественном и энергетическом взаимодействии структурных частей планетарной экосистемы биосферы.

Развиты фундаментальные исследования эволюционных процессов в биосфере в современный период антропогенных нагрузок и потепления

климата, включая механизмы самоорганизации ландшафтов, биогеохимической адаптации организмов и экосистем как в период нарастания, так и снижения загрязнения. Предложено рассматривать состояние малых озер в широком диапазоне природных зон (от тундры до степей), как индикатор глобального рассеивания элементов и веществ. Изучены процессы эвтрофирования и закисления, формы миграции элементов, их биодоступность и экотоксичность в природных средах.

Установлены закономерности формирования разномасштабных полей техногенного радионуклидного загрязнения в различных природных зонах. Определены ландшафтные механизмы трансформации полей загрязнения и миграции химических элементов в составе микро- и наночастиц.

Институт активно участвовал в постановке и проведении **радиационных, радиогеохимических и радиоэкологических исследований** в местах захоронения ядерных объектов, изучения последствий ядерных испытаний и радиационных аварий на Южном Урале и Чернобыльской АЭС. Разработаны методы ландшафтно-геохимического и радиоэкологического картографирования, радиоэкологического мониторинга загрязненных территорий и акваторий, моделирования поведения и прогноза миграции радионуклидов в окружающей среде и пищевых цепях. Все это обеспечило поддержку принятия решений по организации необходимых мероприятий для профилактики заболеваний населения.

Институт вовлечен в работы по обоснованию и сопровождению **технологических процессов на предприятиях ядерного топливного цикла, обращению с радиоактивными отходами, разработке новых радиофармацевтических форм**. Исследовано поведение ряда трансурановых элементов в необычных степенях окисления, что позволило разработать новые методы их выделения, разделения и определения. Разработаны научные основы новых технологий переработки отработавшего ядерного топлива, включающих выделение делящихся урана и плутония для их возврата в топливный цикл, фракционирование образующихся радиоактивных отходов для раздельного обращения с их компонентами. Предложены новые материалы: алюмо-железо-фосфатная стекломатрица и минералоподобная магний-калий-фосфатная матрица для иммобилизации радиоактивных отходов. Они показали свою эффективность и технологичность для долговременного хранения отвержденных отходов.

Для целей ядерной медицины изучены углеродные наноматериалы (наноалмазы, нанотрубки) для иммобилизации ряда радионуклидов без носителей.

Разработаны научные основы создания нового класса конструкционных материалов для ядерной энергетики малоактивируемые или с ускоренным спадом наведенной радиоактивности.

В стенах Института при участии академиков А. П. Виноградова и И. П. Алимарина были заложены основы послевоенной отечественной школы аналитической химии, сформулированы ее принципы и задачи. Институт стал ведущей в стране организацией в области **аналитической химии, разработки новых аналитических методов изучения химического состава и трансформации вещества разной природы** (внеземного, природных, искусственных и промышленных материалов). Здесь сконструирован первый отечественный масс-спектрометр (1948 г.), позволивший выполнить пионерские работы в области изотопной геохимии. В Институте выполнены **первые исследования по нейтронно-активационному анализу**, поставлены одни из первых работ по **вольтамперометрии**, предложены новые решения в области **спектральных методов анализа**. Под руководством академика Ю. А. Золотова разработаны эффективные **методы концентрирования и разделения** веществ, позволяющие улучшать селективность и точность определений химических элементов и соединений в широком диапазоне концентраций и термодинамических состояний. Синтезированы эффективные реагенты **арсеназо-II и III**, успешно используемые для определения урана, тория, плутония и других элементов. Теоретические исследования в области **молекулярной спектроскопии и квантовой химии** привели к созданию нового научного направления – математической химии. Теоретические положения реализованы в виде экспертных систем, получивших широкое распространение. Разработана общая теория химических реакций сложных молекул. На основе созданных методов расчета спектров, предложена общая теория анализа веществ по их спектрам без использования образцов стандартного состава. Показана принципиальная важность множественности изомерных структур молекул при формировании молекулярного мира.

В институте активно занимались разработкой и промышленным внедрением современных **методов расчета и оптимизации ионообменных процессов водоподготовки для тепловых и атомных станций**. Так, например, учеными института разработаны технологические системы очистки сточных вод, включая организацию стационарных самоподдерживающихся процессов умягчения – опреснения соленых вод. Созданы новые сорбционные методы **извлечения металлов**



Стендовый коридор главного корпуса ГЕОХИ РАН. На постерах представлена информация о пяти отделах и двадцати четырех лабораториях института

из морской воды, выделения редкоземельных элементов из концентрированной фосфорной кислоты на основе оригинального метода удержания кислоты.

Предложены теоретические подходы к описанию равновесия и кинетики процессов адсорбции, ионного обмена и созданы компьютерные программы для моделирования методов высокоэффективной газовой и ионной хроматографии с прогнозированием оптимальных решений.

Институт также разрабатывал эффективные методы определения газообразующих примесей в металлах и неорганических материалах.

Еще одно направление работы ГЕОХИ РАН – новые сорбционные и экстракционные методы концентрирования, разделения цветных, редких, благородных металлов и комбинированные методы их определения. Разработаны новые методы синтеза модифицированных функциональными компонентами сорбентов, включая магнитные наносорбенты.

Предложены способы концентрирования веществ широкого спектра (неорганические, органические и биологические) с использованием твердофазной экстракции, углеродных наноматериалов, магнитных наносорбентов, а также с использованием физических полей различного типа (ультразвуковых, магнитных и др.).

Большое внимание уделяется разработке новых комплексных подходов к проблеме изучения

химического состава, трансформации и миграции наночастиц и легкоподвижных форм элементов в окружающей среде (городская пыль, зоны индустриального воздействия, вулканический пепел) с использованием методов ступенчатой ультрафильтрации, вращающихся спиральных колонок и др.

Работы ГЕОХИ РАН посвящены широкому кругу анализируемых матриц (горные породы, руды, образцы окружающей среды, нефть и продукты нефтехимии, биологические и медицинские образцы). Для них разработаны новые методы пробоподготовки и анализа.

Разработана группа высокочувствительных (десятки фемтограмм) методов масс-спектро-

метрического анализа высокого разрешения органических соединений, основанных на мягкой лазерной ионизации (без разложения) определяемых соединений при использовании в качестве матрицы полупроводников с передачей индуцирующего электрона (SALDI, LETDI).

Учеными Института разработаны новые источники атомизации и возбуждения на основе разрядов с электролитным катодом: капельно-искрового разряда и при вскипании в канале. Они требуют малой энергии для возбуждения эмиссионного спектра, что подразумевает миниатюрный конструктив. В результате проведенных исследований создан прибор для целей медицинской диагностики.

Много исследований ГЕОХИ РАН выполнял в области контроля состояния окружающей среды. Одна из важнейших разработок – мультисенсорная окситермографическая установка с возможностью одновременной регистрации потребления кислорода и выделения углекислого газа.

Основные направления исследований в институте сегодня

Сегодня исследования ученых ГЕОХИ РАН сосредоточены в 24 лабораториях, входящих в пять отделов: геохимический, аналитический, планетных исследований, биогеохимии и экологии и морских исследований.

Исследования ведутся по следующим направлениям:

- изотопная геохимия и геохронология;
- космохимия, космогония, метеоритика, сравнительная планетология, лунно-планетные исследования и разработка инструментов и методов исследования внеземного вещества;
- экспериментальное и теоретическое моделирование геохимических процессов, протекающих в глубинных зонах Земли, геохимия магматизма и метаморфизма;
- происхождение и эволюция биосферы, органическая геохимия, биогеохимия, геохимия углерода;
- геоэкологические и биогеохимические исследования; эколого-геохимические исследования водных и наземных экосистем, океанографические и морские геохимические и геофизические исследования, мониторинг загрязнения, анализ и прогноз состояния окружающей среды;
- геохимия осадочной оболочки, гидрохимия; геохимическая экология; геолого-геохимические и экогеохимические исследования дна Мирового океана;
- геохимия месторождений полезных ископаемых (рудных элементов, благородных металлов, нефти и газа, алмазов) и разработка методов их поиска;
- аналитическая химия, хемометрика и математическое моделирование химических процессов, новые физические, физико-химические методы анализа вещества разной природы, методы разделения и концентрирования; новые реагенты и сорбенты для анализа, извлечение ценных компонентов из промышленных и природных сред;
- аналитическая химия радиоактивных, редких и благородных элементов, методы радиоэкологического мониторинга, утилизация радиоактивных отходов, совершенствование различных этапов ядерного топливного цикла, создание новых форм радиофармацевтических препаратов;
- разработка и создание опытных образцов аналитических приборов, сенсоров для решения различных задач;
- институт является соучредителем двух научных международных журналов, издающихся на русском и английском языках: «Геохимия» (Geochemistry International) и «Журнал аналитической химии» (Journal of Analytical Chemistry);

- институт регулярно организует ряд конференций и семинаров, в том числе и с международным участием:
 - ежегодно в марте проходят чтения им. В. И. Вернадского (всего проведено 62 заседания),
 - ежегодно проводится семинар по экспериментальной минералогии, петрологии, геохимии – памяти Н. И. Хитариада,
 - ежегодно проводятся чтения по биогеохимии памяти В. В. Ковальского,
 - раз в четыре года проводится Съезд аналитиков России (2010, 2013, 2017, 2022 годы),
 - регулярно проводится симпозиум имени А. П. Виноградова по геохимии изотопов, конференция «Физико-химические и петрофизические исследования в науках о Земле», серия конференций «Магматизм Земли и связанные с ним месторождения стратегических металлов», семинар Отдела планетных исследований и космохимии,
 - регулярно совместно с НСАХ РАН организуются конференции «Разделение и концентрирование в аналитической химии и радиохимии», «Аналитическая хроматография и капиллярный электрофорез», «Аналитическая спектроскопия», Московский семинар по аналитической химии и др.,
 - в 2018 году проведена международная конференция «81-е Ежегодное собрание метеоритного общества» (Annual Meeting of the Meteoritical Society), собравшая более 300 международных участников.

Институт активно занимается популяризацией науки: сотрудники ГЕОХИ РАН регулярно публикуют научно-популярные статьи и книги, а также дают интервью разным изданиям. Научно-популярные пресс-релизы сотрудников ГЕОХИ РАН публикуются на ресурсах Минобрнауки России, ТАСС, РИА Новости, Russia Today, РАН, «Вестник ОНЗ» и др. Новости ГЕОХИ РАН в научно-популярном изложении регулярно появляются в федеральных и региональных СМИ.

Институт геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского – это уникальная научная организация, обладающая огромным техническим и интеллектуальным потенциалом, способная решить важные нетривиальные фундаментальные и прикладные задачи геохимии, аналитической химии, радиохимии, космохимии, лунно-планетных и морских исследований.

α



ТЕХНОСФЕРА
РЕКЛАМНО-ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР

100% ГАРАНТИЯ
ПОЛУЧЕНИЯ ВСЕХ НОМЕРОВ



Стоимость 2200 р. за номер
Периодичность: 10 номеров в год
www.electronics.ru



Стоимость 1450 р. за номер
Периодичность: 8 номеров в год
www.photonics.ru



Стоимость 1450 р. за номер
Периодичность: 6 номеров в год
www.j-analytics.ru

ПОДПИСКА НА ЖУРНАЛЫ

www.technosphere.ru



Стоимость 1300 р. за номер
Периодичность: 8 номеров в год
www.lastmile.ru



Стоимость 1300 р. за номер
Периодичность: 8 номеров в год
www.nanoindustry.ru



Стоимость 1800 р. за номер
Периодичность: 4 номера в год
www.stankoinstrument.ru