



*Российская Академия Наук*



# Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского (ГЕОХИ РАН)

1947 — 2022



## *Дорогие друзья и коллеги!*

*Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского был создан 75 лет назад для решения специальных задач, связанных с безопасностью страны. Сегодня суверенитет России и ее безопасность по-прежнему связаны с развитием фундаментальной науки, созданием новых технологий, открытием и освоением новых месторождений полезных ископаемых, новых источников энергии, освоением космоса, решением экологических задач и научных проблем в области обеспечения людей продуктами и чистой водой. Наш Институт занимается всеми этими направлениями в той мере, в какой они связаны с геохимией, космохимией, радиохимией и аналитической химией. Аббревиатура ГЕОХИ РАН, как и название — Институт им. В.И. Вернадского, широко известны в научном мире. Институт был и остается славен выдающимися учеными мирового уровня, высококлассными научными сотрудниками, инженерами, работниками вспомогательных подразделений. В лаборатории Института приходит молодежь, которая способна сохранить и преумножить наши традиции и научные компетенции.*

*Уверен, что мы успешно справимся со всеми текущими и возникающими научными задачами и современными вызовами, и никакие трудности не остановят нас!*

*И.О. директора ГЕОХИ РАН,  
доктор химических наук,  
член-корреспондент РАН*

*Р.Х. Хамизов*







## Геохимия, биогеохимия, космохимия, аналитическая химия, радиохимия и морские исследования в ГЕОХИ РАН

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 или БИОГЕЛ и руководимой В.И. Вернадским) 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 учёный, 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 гг. Институтом руководил академик В.Л. Барсуков. С конца 1992 по 2015 год Институт возглавлял академик Э.М. Галимов. С 2015 по май 2021 года Институтом руководил академик Ю.А. Костицын. Далее вр. и.о. директора был назначен чл.-корр. РАН В.П. Колотов, а с конца октября 2021 г. и.о. директора – д.х.н., 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, А.И. Тугаринов, Г.Б. Удинцев, Н.И. Хитаров, Б.Я. Спиваков, 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, А.В. Соболев,

М.А. Федонкин, члены-корреспонденты РАН – Ф.В. Каминский, В.П. Колотов, О.Л. Кусков, Т.И. Моисеенко, Р.Х. Хамизов).

**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 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. Академиком А.П. Виноградовым была организована первая в стране лаборатория для изучения поведения изотопов в природных процессах.

Произведены впервые 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 лунными станциями «Луна-16», «Луна-20» и «Луна-24».

В Институте функционирует Комитет по метеоритам РАН, хранится старейшая коллекция метеоритов РАН, включающая более 3250 уникальных экземпляров и более 20 тысяч образцов, которая постоянно пополняется за счёт 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 взаимодействия 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 спектрометрии. Выявлены следы геологических процессов на поверхности Марса с участием воды.

В результате определения в метеоритах долгоживущих изотопов  $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{22}\text{Na}$ ,  $^{26}\text{Al}$ , 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 влияния 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 1–3 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, происходит сток рек Оби, Енисея, 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 редкометальных месторождений. На количественном уровне **установлен потенциал запасов стратегических металлов щелочных комплексов Восточной Феноскандии и Полярной Сибири** и оценена комплексность редкометальных руд для их использования в промышленности. Впервые с использованием современной модели “абсолютных” палеотектонических реконструкций показана связь карбонатитов с африканской зоной генерации глубинных плюмов на границе ядро-нижняя мантия.

Институтом внесен 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 формировании 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 метаморфических пород литосферы (вязкость, плотность, электропроводность, ско-

рость 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 1:20000000 для нео- и эоплейстоцена 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 выяснение 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 весьма 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 на 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 трансуранных элементов в необычных степенях окисления, что позволило разработать новые методы их выделения, разделения и определения. Разработаны научные основы новых технологий переработки отработавшего ядерного топлива, включающая 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. Показана их эффективность и технологичность для долговременного хранения отвержденных отходов.

Показана перспективность использования углеродных наноматериалов (наноалмазы, нанотрубки) для иммобилизации ряда радионуклидов без носителей для целей ядерной медицины. 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**, (включая внеземное), а также 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 кон-**



**центрирования 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 расчёта 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.

Были разработаны и получили промышленное внедрение современные **методы расчета и оптимизации ионообменных процессов водоподготовки для тепловых и атомных станций**. Разработаны технологические системы очистки сточных вод, включая организацию стационарных самоподдерживающихся процессов умягчения – опреснения соленых вод. Предложены новые сорбционные методы **извлечения металлов 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 условий разделения.

Разработаны эффективные методы определения **газообразующих примесей** в металлах и неорганических материалах.

Предложены 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.).

Предложены новые комплексные подходы 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.

Разработаны **новые методы пробоподготовки и анализа** для широкого круга анализируемых матриц (горные породы, руды, образцы окружающей среды, нефть и продукты нефтехимии, биологические и медицинские образцы).

Разработана группа высокочувствительных (десятки фемтограмм) методов **масс-спектрометрического 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).

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. Создан прибор для целей медицинской диагностики.

Разработана **мультисенсорная оксигермографическая установка** с возможностью одновременной регистрации потребления кислорода и выделения углекислого газа. Установка перспективна для контроля состояния окружающей среды.



## Основные направления исследований в Институте

Сегодня исследования ученых сосредоточены в 24 лабораториях, входящих в пять отделов: геохимии, аналитической химии, биогеохимии и экологии, планетных исследований, морских исследований и ведутся по следующим направлениям:

- Изотопная геохимия и геохронология.
- Космохимия, космогония, метеоритика, сравнительная планетология 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 эко-геохимические 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» и «Журнал аналитической химии»

- 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 более 60 заседаний),

- Ежегодно проводится семинар по экспериментальной минералогии, петрологии и геохимии памяти Н.И. Хитарова,

- Ежегодно проводятся чтения по биогеохимии памяти В.В. Ковальского,

- Раз в четыре года проводится Съезд аналитиков России (2010, 2013, 2017, 2022 гг.),

- 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.

## Основные задачи Института

- Разработка теоретических основ геохимии, космохимии и аналитической химии.
- Изучение геохимических процессов, определяющих поведение, распространение и историю химических элементов, их изотопов и соединений в земном и внеземном веществе.
- Исследование происхождения и эволюции вещественного состава Солнечной системы.
- Выполнение работ по метеоритике, ведению, систематизации, описанию и развитию методов изучения коллекции метеоритов Российской академии наук, созданию базы данных метеоритов.
- Разработка методов, приборов, средств и оборудования для изучения космического пространства, включая проведение работ по созданию научной аппаратуры и подготовке экспериментов для исследования тел Солнечной системы, межпланетной среды и Земли с использованием космических аппаратов; участие в их управлении и приеме информации в части комплекса научной аппаратуры.
- Экспериментальные и теоретические исследования геохимических процессов в различных оболочках Земли; совершенствование методов изотопной геохронологии.
- Разработка геохимических методов прогнозирования и поиска полезных ископаемых (рудных и редких элементов, благородных металлов, нефти и газа, алмазов и др.).
- 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.
- Разработка методов и средств молекулярного моделирования, физико-химического, химического анализа вещества геологических объектов, объектов окружающей среды, промышленных и новых синтетических материалов.
- Создание новых реагентов и сорбентов для анализа вещества, извлечения ценных компонентов из промышленных растворов и объектов окружающей среды.
- Разработка и создание опытных образцов аналитических приборов, сенсоров, оборудования по контролю, изучению и защите окружающей среды.
- Формирование новых перспективных направлений по профилю Института, имеющих первостепенное значение для развития мировой науки, научно-технического и социально-экономического прогресса России.
- Разработка рекомендаций по практическому использованию научных результатов, изучение и обобщение достижений мировой науки по профилю Института и содействие их использованию.
- Разработка прогнозов по соответствующим областям науки и техники.
- Подготовка научных кадров высшей квалификации.



Здание Института геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского Академии наук СССР (50-е годы)

## В.И. Вернадский – Ученый – Мыслитель – Гражданин <sup>1</sup>



Владимир Иванович Вернадский родился 12 марта 1863 года в Санкт-Петербурге.

Его отец, Иван Васильевич Вернадский, был профессором политической экономики и статистики, мать – Ольга Петровна, урожденная Константинович. Юноша рос в высококультурной интеллектуальной среде. Круг общения семьи включал многих известных деятелей культуры: П.В. Анненкова, А.А. Бакунина, Н.С. Лескова, В.Г. Короленко. Детство Владимира Вернадского проходит в Петербурге, отрочество в Харькове.

В 1881 году он поступил в Санкт-Петербургский Университет, на естественное отделение физико-математического факультета. В это время в Университете преподают такие столпы российской науки как А.М. Бутлеров, Д.И. Менделеев, А.Н. Бекетов, И.М. Сеченов, В.В. Докучаев.

Начиная с юношеских лет в течение всей жизни, почти до последнего дня, он ведет дневник. Студент 4-го курса Владимир Вернадский записывает в дневнике: «Наука приносит такое удовольствие, такую большую пользу, что можно, казалось, было бы остаться деятелем одной чистой науки... но

понимаешь, все, что делается в государстве и обществе, так или иначе на тебя ложится, и приходишь к необходимости быть деятелем в этом государстве и обществе...» (из дневника 11 мая 1884 г.). Этой гражданской позиции, которую он определил для себя, будучи двадцатилетним молодым человеком, он неуклонно придерживался всю жизнь.

В 1891 году неурожаем в средней России, в том числе в Тамбовской области, где было расположено его имение – Вернадовка, поставил крестьянство на грань голодного бедствия. В.И. Вернадскому и его друзьям удалось в ряде уездов Тамбовской области организовать систему столовых («119 столовых, в которых кормится до 5700 человек» отмечает В.И. Вернадский в письме к Н.Е. Вернадской 1 мая 1892 г.), поддерживавших людей почти в течение 7 месяцев – с осени 1891 по лето 1892 года. В это время В.И. Вернадскому исполнилось лишь 29 лет.

В 1888–1889 г. он стажировался в Мюнхене, на кафедре минералогии известного минералог-а профессора П. Грота. По возвращении из заграничной поездки он принимает приглашение перейти в Московский Университет. И последующие двадцать лет, вплоть до 1911 года он преподает минералогии и кристаллографию в Московском Университете. За эти годы В.И. Вернадский становится одним из наиболее авторитетных минералогов своего времени.

Он создает фундаментальные труды по кристаллографии и минералогии. За эти работы он еще в 1911 году был избран полным членом Российской академии наук. Его книги: «Опыт описательной минералогии» и «История минералов земной коры» занимают четыре тома по пятисот страниц каждый в его собрании сочинений. Он вслед за В.М. Севергиным в 18 веке, Н.И. Кокшаровым и Е.С. Федоровым в 19-ом веке, завершил в начале 20-го века построение превосходной российской школы минералогии. И это одно обеспечило бы ему достойное место в истории науки. Но это оказалось лишь малой долей того, что ему удалось совершить.

Наиболее значительный вклад В.И. Вернадского связан с введенным им в науку представлением о геологической роли живого вещества и созданием учения о биосфере и ноосфере. Предпосылки к этому сложились еще в Университете. Непосредственным руководителем Вернадского и преподавателем

<sup>1</sup> По материалам статьи Э.М. Галимова «В.И. Вернадский-Ученый-Мыслитель-Гражданин» в книге «Об академике В.И. Вернадском (к 150-летию со дня рождения)» М., Наука, 2013.-230 с.

минералогии в Университете был профессор Василий Васильевич Докучаев, создатель современного почвоведения. В студенческие годы Вернадский участвовал в почвоведческих экспедициях, которые организовывал Докучаев.

Приобщение В.И. Вернадского к исследованию почв, хотя и эпизодическое, оставило глубокий след в его научном опыте. В Московском Университете В.И. Вернадский перестраивает преподавание кристаллографии и минералогии. Он рассматривает минералогия как науку о химических процессах в земной коре. Это было совершенно новым пониманием минералогии. Фактически это было началом геохимии.

Также идущее от опыта исследования почв осознание роли живого вещества в химии минеральной среды привело его к новой концепции в геологии, сформулированной им впоследствии как учение о биосфере. Кстати, понятие о живом веществе впервые было изложено им в статье, посвященной роли организмов в почвообразовании. Эта статья – «Об участии живого вещества в создании почв» – будет написана им в 1919 г.

Ознакомившись с открытием радиоактивности Анри Беккерелем и работами Пьера Кюри и Марии Склодовской-Кюри, В.И. Вернадский был чрезвычайно увлечен перспективами использования радиоактивности в качестве источника энергии.

В 1910 году В.И. Вернадский выступает на заседании Академии наук с речью «Задачи дня в области радия». Он говорит пророческие слова: «...В вопросе о радии ни одно государство и общество не может относиться безразлично как, каким путем, кем и когда будут использованы и изучены находящиеся в его владениях источники лучистой энергии. Ибо владение большими запасами радия дает владельцам его силу и власть, перед которыми может поблестеть то могущество, какое получают владельцы золота, земли и капитала... перед нами открываются в явлениях радиоактивности источники атомной энергии, в миллионы раз превышающие все те источники сил, какие рисовались человеческому воображению».

Это было сказано более 100 лет назад, когда физические основания такого прогноза были еще неясны создателям новой физики А. Эйнштейну, Э. Резерфорду и другим.

С началом войны 1914–1918 гг., когда выявилась неподготовленность сырьевой базы России, В.И. Вернадский выступил с инициативой создания в Академии Наук Комиссии по изучению естественных производительных сил России (КЕПС).

Весной 1921 года, В.И. Вернадский возвра-

щается в Петроград и активно продолжает заниматься научной работой. Он задумал создать фундаментальную монографию о живом веществе, к этому времени первые пять из 13 задуманных глав были почти готовы.

В своем представлении о живом веществе В.И. Вернадский считал важным абстрагироваться от биологического определения жизни. Он пишет: «В виде живого вещества мы изучаем не биологический процесс, а геохимический... мы изучаем массовое явление, идем статистическим методом, при этом случайности компенсируются, и мы получаем представление о среднем явлении».

Концепция живого вещества явилась предтечей и основой его наиболее фундаментального труда – учения о биосфере. Биосферу В.И. Вернадский определял как геологическую оболочку Земли, содержащую живое вещество.

Сам термин «биосфера» был введен в науку немецким геологом Зюссом. В.И. Вернадский избегал случая изобретать новые термины. Он, как правило, брал уже существующий в литературе термин, если он находил его удачным, и наполнял его новым содержанием. Точно так же он использовал позже термин «ноосфера», введенный ранее французом Ле Руа. В.И. Вернадский показал, что при относительно незначительной массе живое вещество определяет процессы планетарных масштабов: возникновение гранитных масс в земной коре, кислородный состав земной атмосферы. Через фотосинтез и производство восстановленного углерода заводится окислительно-восстановительный цикл в земной коре. С этим циклом связаны глобальные процессы рудообразования. Живое вещество преобразует геологическую среду таким образом, что она приобретает свойства, которые она не имела бы в отсутствие жизни. Живое вещество порождает химические процессы, которые идут с необычно высокой скоростью, в необычном направлении.

Главный тезис концепции биосферы по Вернадскому – рассмотрение живого вещества в его единстве со средой. Он пишет: «Живое вещество является не случайным, а необходимым фактором в очень многих геохимических реакциях, в истории всех химических элементов. Все эти процессы шли бы совершенно иначе, если бы живого вещества не было».

Учение о биосфере оказало большое влияние на развитие отечественных исследований в геохимии природных вод, газов, жидких углеводородов, роли органического вещества. В западной науке оно долгое вре-

мя не было воспринято. В 1970 годы на Западе приобрела популярность «гипотеза Гейи», выдвинутая Джеймсом Лавлоком. Суть ее в том, что Земля и Жизнь составляют, якобы, некий единый саморегулирующийся организм. В учении о биосфере В.И. Вернадского концепция саморегулирования и обратных связей является также естественной составляющей. Лавлок не был знаком с работами Вернадского, когда впервые опубликовал свои представления в 1970-х годах<sup>1</sup>. Однако надо отдать ему справедливость, позже он признал приоритет Вернадского: «we discovered him to be our most illustrious predecessor»<sup>2</sup>.

Другая классическая работа В.И. Вернадского - «Очерки геохимии», была впервые опубликована в 1924 г. В.И. Вернадский – один из создателей науки геохимии. Его предшественником был американец Ф. Кларк, который систематизировал сведения о химическом составе пород и свел их в труде “Data of Geochemistry”, опубликованном еще в 1908 году. Его современником был норвежец В. Гольдшмидт, который предложил геохимическую классификацию элементов (литофильные, халькофильные, сидерофильные, атмофильные), используемую до сих пор. В.И. Вернадский к химической интерпретации природных процессов обращался неоднократно в своей работе кристаллографа и минералога. В 1923–1924 гг. он читает в Сорбонне в Париже курс лекций по геохимии и издает их в качестве книги “La Geochemie” на французском языке. В 1927 году выходит его работа «Очерки геохимии», изданная на русском языке.

Если в трудах предшественников и современных ему других основоположников геохимии речь идет скорее о применении химии и химических подходов к исследованию геологической среды, то у В.И. Вернадского, в его обобщении, геохимия – это наука об истории атомов, о процессах и химических превращениях. Здесь сразу выявляется роль факторов, казалось бы, не связанных прямо с составом горных пород. Это, прежде всего, особая роль углерода и живого вещества. Глава «Углерод и живое вещество в земной коре» является центральной в «Очерках геохимии».

Более того, геохимия Вернадского не ограничена лишь земной геологией. Она включает космохимию. В.И. Вернадский впервые начал рассматривать геологию Земли в контексте ее истории в качестве планеты Солнечной системы. Он говорил о том, что нельзя рассматривать Землю вне ее связи с космосом. В то время геология была преимущественно

региональной, геологическая съемка охватывала лишь самый верхний слой земной коры. Не было данных о глубинном строении Земли, составе мантии и ядра. Не было данных о строении океанической коры. Поэтому подход к глобальному изучению Земли в сравнении с другими планетами Солнечной системы был абсолютно необычным.

В.И. Вернадский рассматривает в качестве вполне актуальной задачи исследование Луны как геологического тела и хозяйственное освоение Луны. В ноябре 1930 г. в дневнике он записывает: «Мы видим сейчас как ясную и исполнимую задачу ближайшего будущего захват человеком Луны и планет».

В.И. Вернадский, конечно, понимает, что вещество с других планет, необходимое для сравнительного планетного анализа, окажется в руках исследователей еще не скоро. Но есть другой доступный способ – это широкое изучение метеоритного вещества. Метеориты – фрагменты тел Солнечной системы, попавшие на Землю. В.И. Вернадский организует сбор и описание метеоритов, предпринимает усилия для расширения государственной коллекции. В 1920–1930-х годах проводятся регулярные научные экспедиции на места падений метеоритов. В 1935 году организуется Метеоритная комиссия, преобразованная в 1939 году в Комитет по метеоритам АН СССР (КМЕТ). Председателем Комитета по метеоритам стал В.И. Вернадский. С 1941 года начал издаваться журнал «Метеоритика».

Концепция В.И. Вернадского по изучению Земли в контексте изучения планет Солнечной системы, которая когда-то могла казаться экзотической, теперь вполне принята, осознана и является рабочей концепцией международного научного сообщества. Очевидно, что проблемы происхождения планетных атмосфер, происхождения океана на Земле, механизм образования планетных ядер, это – проблемы, которые принципиально нельзя решить путем изучения только Земли.

Он проявляет удивительную прозорливость в отношении будущего атомной энергии, о чем уже упоминалось выше. В 1922 году В.И. Вернадский пишет: «Мы подходим к великому перевороту в жизни человечества, с которым не могут сравниться все им ранее пережитые. Не далеко время, когда человек получит в свои руки атомную энергию, такой источник силы, который даст ему возможность строить свою жизнь, как он захочет. Это может случиться в ближайшие годы, может случиться через столетие. Но ясно, что это должно быть». Атомная энергия

1 J. Lovelock, 1972; J. Lovelock and L. Margulis, 1974

2 J. Lovelock. The Biosphere. New scientist, 1986, p. 51

в то время совершенно не воспринималась как практическая возможность. Поэтому эти слова были пропущены без внимания.

Тем не менее, В.И. Вернадский делает практические шаги. Он занимается поиском и исследованием радиоактивных минералов. Организует работу по радиохимии. К 1921 году ему, с помощью своего ученика В.Г. Хлопина, удалось получить чистый препарат радия в России. В 1922 году был учрежден Радиевый Институт, столетие которого отмечено в 2022 г.

Вместе с тем, как гуманиста, предвидение атомного века тревожит его. Он пишет: «Сумеет ли человек воспользоваться этой силой, направить ее на добро, а не на самоуничтожение? Дорос ли он до умения использовать ту силу, которую неизбежно должна дать ему наука? Ученые не должны закрывать глаза на возможные последствия их научной работы, научного прогресса. Они должны себя чувствовать ответственными за все последствия их открытий». (1922 г.). Шел 1922 год. До открытия цепной реакции деления урана, давшей ключ к извлечению ядерной энергии, должно было пройти ещё больше 15 лет, до взрыва атомных бомб над Хиросимой и Нагасаки оставалось еще 23 года.

В 1928 году Биогеохимический отдел КЕПС был реорганизован в биогеохимическую лабораторию Академии Наук, директором которой В.И. Вернадский оставался до конца жизни. В 1934 году лаборатория вместе с другими академическими учреждениями была переведена из Ленинграда в Москву. В 1947 году на базе этой лаборатории был организован нынешний Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского.

В течение жизни В.И. Вернадский организовал 26 научных учреждений, включая Украинскую Академию наук.

Будучи великим ученым, В.И. Вернадский глубоко понимал суть науки и механизм научного творчества. Он писал: «Ученые – те же фантазеры и художники; они не вольны над своими идеями; они могут хорошо работать, долго работать только над тем, к чему лежит их мысль, к чему влечет их чувство. У них идеи сменяются; появляются самые невозможные, часто сумасбродные; они роятся, кружатся, сливаются, переливаются. И среди таких идей они живут и для таких идей они работают... мне ненавистны всякие оковы моей мысли, я не могу и не хочу заставить ее идти по дорожке практически важной, по такой, которая не позволит мне хоть несколько больше понять те вопросы, которые мучат меня...».

В предвоенные годы В.И. Вернадский увлеченно работает над проблемами пространства-времени и симметрии, свя-

занными с живыми организмами. Состояние пространства-времени по Вернадскому определяется его свойствами симметрии.

В биохимических процессах, протекающих в живых организмах, всегда проявляется преобладание левовращающих или правовращающих изомеров. Это явление он называет диссимметрией и рассматривает как фундаментальное различие живой и неживой материи.

Это принципиальное различие делает невозможным абиогенез, т. е. возникновение живого вещества в неживой природе: «диссимметрическое явление вызывается такой же диссимметрической причиной. Исходя из этого принципа (можно назвать его принципом Кюри) следует, что особое состояние пространства жизни обладает особой геометрией, которая не является обычной геометрией Эвклида».

Под этим же углом зрения Вернадский рассматривал изотопный состав живого вещества. В работе, опубликованной в 1926 г. под названием «Изотопы и живое вещество», В.И. Вернадский предположил, что «живые организмы способны избирать определенные изотопы из их смесей, каковыми являются многие элементы окружающей нас среды».

Чтобы оценить ход мыслей В.И. Вернадского нужно вспомнить, что в 1926 г. не только не существовало понятия фракционирования изотопов, но изотопы многих элементов, являющихся ключевыми в современной геохимии изотопов, еще не были известны. Тяжелый изотоп углерода  $^{13}\text{C}$ , изотоп азота  $^{15}\text{N}$ , изотоп кислорода  $^{18}\text{O}$  и  $^{17}\text{O}$  были открыты в оптических спектрах в 1927–1929 гг. Лишь в 1932 г. будет открыт тяжелый изотоп водорода – дейтерий, лишь 10 – 15 лет спустя появятся первые измерения изотопного состава элементов в природных веществах. Считалось, что изотопы химически тождественны. Из чего же исходил В.И. Вернадский?

Мы возвращаемся в основном к его представлению. Фракционирование изотопов в живых организмах обладает принципиальным и глубоким своеобразием, обусловленным ферментативным характером процессов биосинтеза, или, если угодно особым химическим пространством живого.

Этим же объясняется и явление диссимметрии, свойственное живому. Воспроизводимые трехмерные структуры белков и нуклеотидов можно построить только из энантиомеров. Поэтому убежденность Вернадского в особенности химического пространства живого, в основном, оказалась верной.



Произведение «Химическое строение биосферы Земли и ее окружения», В.И. Вернадский создавал, когда ему было уже около восьмидесяти лет. Он придавал ему значение своего завершающего труда, говорил, это – «моя главная книга», «книга жизни». Она действительно представляет концептуальный синтез созданных им учений о биосфере, биогеохимии и геохимии. Периоды расцвета личности и творческого озарения у разных людей приходится на разный возраст. Чаще всего в ранней молодости проявляются таланты поэтов, математиков и полководцев. Мыслители-энциклопедисты творят во второй половине жизни. Наиболее значительные идеи В.И. Вернадский высказал, когда ему было уже за шестьдесят.

В 30-е годы В.И. Вернадский создает глубокое философское произведение: «Научная мысль как планетное явление». Планетные явления – это горообразование, движение океана, вулканизм – и вдруг научная мысль в этом ряду. Эволюция биосферы, согласно В.И. Вернадскому, направлена в сторону увеличения скорости биогенной миграции атомов. Человеческая деятельность посредством научной мысли способствует ускорению миграции химических элементов. Отсюда представление о научной мысли как естественной силе эволюции в эпоху трансформации биосферы в ноосферу.

В последние годы В.И. Вернадский приходит к строгим и заключительным формулировкам своего учения о ноосфере. В.И. Вернадский рассматривает включение человека в биосферу не просто как конфликт природы и человека, а как новый этап развития биосферы: «Ноосфера есть новое геологическое явление на нашей планете. В ней впервые человек становится крупнейшей геологической силой». Представление о возрастающей роли человека и разума в природе высказывалось и ранее в научной философии. Еще в девятнадцатом веке североамериканский геолог и биолог Д. Дана (1813–1895) ввел понятие «цефализация», чтобы описать направленное движение биологической эволюции в сторону развития у организмов нервной системы и сложного разумного поведения. Ле-Конт (1823–1901) это же явление связывал с наступлением особой психозойской эры. Сам термин «ноосфера» был введен Ле Руа (1926). Обобщение, выдвинутое В.И. Вернадским, как учение о ноосфере, содержало два главных

тезиса. Первый: деятельность человека приобрела геологические масштабы. Создается «новое состояние – когда геологическая роль человека начинает господствовать в биосфере». И второй: до появления человека эволюция была стихийным процессом. С появлением разума возник новый организующий фактор в биосфере.

Концепция ноосферы у Вернадского тесно переплетается с его представлением о научной мысли как планетном явлении. Ноосфера представляется как этап развития биосферы, в котором деятельность человека становится геологической силой. Да, но вот, что важно! В.И. Вернадский имеет в виду не производственную деятельность, а деятельность интеллектуальную. Именно поэтому он употребляет термин «ноос» – разум. Главной составляющей в развитии ноосферы является расширение знаний. Он пишет в работе «Научная мысль как планетное явление»: «...главная геологическая сила, творящая ноосферу – это рост научного знания». Вернадский рассматривал переход к ноосфере как созидательный разумный процесс, можно сказать нравственный процесс. Все, что противоречило этому естественному ходу развития, было в конечном счете обречено.

Подытоживая, нужно отметить следующие ключевые моменты.

Владимир Иванович Вернадский был великим ученым. Он создал новые направления в науке: геохимию, учение о живом веществе и биосфере, радиогеологию, он внес огромный вклад в развитие минералогии и кристаллографии. Ему принадлежат оригинальные философские идеи в понимании проблем симметрии, пространства-времени живых организмов, научной мысли как планетного явления. Он создал учение о ноосфере.

Как мыслитель Вернадский был удивительно проницателен. Некоторые его предвидения, например, касавшиеся будущей роли атомной энергии, значения исследования Луны и планет, возникновения проблем экологии, были неожиданными для его современников и только теперь оценены в полной мере.

В.И. Вернадский был великим гуманистом. Несмотря на свой критический ум, а может быть, благодаря ему, его отношение к истории и будущему человечества было глубоко оптимистичным. Его учение о ноосфере проникнуто верой в торжество разума.

## Академик А.П. Виноградов - основатель и первый директор ГЕОХИ РАН



Александр Павлович Виноградов родился 9 (21) августа 1895 г. в семье государственных служащих в Санкт-Петербурге (Российская Империя). В 1918 г. поступил на учебу в Военно-медицинскую академию, а в 1919 г. на химическое отделение физико-математического факультета Петроградского Государственного Университета (сейчас СПбГУ); академию и университет он окончил в 1924 году.

Свою научную деятельность Александр Павлович начал у В.И. Вернадского в 1926 г. Здесь Виноградов целенаправленно изучал химический элементный состав морских организмов, растений, почв, вод, горных пород и т.д. В результате был накоплен огромный массив количественных данных, на основе которых были сформулированы основные законы биогеохимии, которые были обобщены и опубликованы в концептуальной 3-х томной монографии «Химический элементарный состав организмов моря» (1935-1944). В этом труде впервые были заложены принципы химической экологии.

В 1937 г. на основе результатов комплексных исследований химического состава

природных объектов в различных регионах, где наблюдались специфические заболевания человека и животных, А.П. Виноградов вводит в науку новое понятие «биогеохимические провинции» и описывает связанные с ними биогеохимические эндемии – заболевания, вызванные аномальным содержанием химических элементов в среде обитания. Это открытие имело большое практическое значение для медицины и сельского хозяйства. В 1930 – 40-е годы Виноградовым было очень много сделано для формирования и развития аналитической базы Биогеохимической лаборатории АН СССР (БИОГЕЛ). В Лаборатории разрабатывались новые аналитические методы определения малых количеств элементов, включая редкие элементы. В 1938 г. А.П. Виноградов совместно с И.П. Алимариным формулирует основные направления развития аналитической химии – создание новых высокочувствительных методов определения химических элементов, развитие физических и химических методов концентрирования (соосаждение, экстракция, испарение, электрохимические и др.), а также методов химического фазового анализа. Александр Павлович внедрил метод полярографии в практику Биохимической лаборатории АН СССР. В 1953 г. он был инициатором работ по постановке в СССР радиоактивного метода – одного из самых чувствительных многоэлементных методов анализа. В 1946 г. А.П. Виноградов создаёт журнал «Аналитическая химия» и становится его главным редактором.

Начиная с 1933 г., по предложению В.И. Вернадского, А.П. Виноградов приступает к изотопным исследованиям. Особое значение в довоенный период имели работы совместно с Р.В. Тейс по определению изотопного состава кислорода, выделяемого при фотосинтезе, которые привели к важному открытию, изменившему существовавшие ранее представления о механизме этого процесса. Авторы открытия показали, что кислород атмосферы образуется в результате разложения воды, а не углекислоты, как считали раньше.

В 1940 г., наряду с крупнейшими физиками страны, А.П. Виноградов был введён в созданную Академией Наук СССР по предложению академиков В.И. Вернадского и В.Г. Хлопина Комиссию по проблемам урана. Этому предшествовала, начиная с 1938 г., работа А.П. Виноградова по разработке термодиффузионного метода разделения изотопов

урана. Свои предложения по методу разделения изотопов урана и по комплексному решению урановой проблемы он изложил в двух документах: письмо В.И. Вернадскому и письмо в Президиум АН СССР.

В мае 1945 г. Александр Павлович Виноградов, как выдающийся химик-аналитик и учёный, занимавшийся изотопными исследованиями, привлекается в «Атомный проект», где он руководил созданием и развитием аналитического контроля производства урана и плутония в СССР.

В 50-е годы Виноградов активно работает в Советском комитете защиты мира и Советском фонде мира, становится одним из активнейших участников Международного Пагуошского движения учёных, выступавших за предотвращение угрозы ядерной войны.

А.П. Виноградов призывал к немедленному прекращению ядерных испытаний, в результате которых в период с 1955 по 1960 гг. наблюдалось увеличение содержания  $^{14}\text{C}$  в атмосфере на 30%. Совместно с В.И. Барановым и Ф.И. Павлоцкой им впервые были получены результаты по загрязнению территории Советского Союза радиоактивным стронцием и начата работа по изучению механизма миграции радиоактивных продуктов в почвенно-растительном комплексе различных природных зон. Следствием этих исследований являлась подготовка материалов по проблеме радиоактивного загрязнения земной поверхности продуктами ядерных испытаний.

В послевоенные годы, продолжая исследования в области изотопов, А.П. Виноградов стал основоположником изотопной геохимии в СССР. Он одним из первых понял значение изотопных методов для решения геохимических и космохимических проблем. В 1949 г. он организует в ГЕОХИ первую в стране лабораторию геохимии изотопов и геохронологии с целью изучения поведения изотопов в природных процессах и сам возглавляет ее с 1954 по 1975 год. В лаборатории им была воспитана большая школа талантливых геохимиков-изотопистов.

Под его руководством в лаборатории прежде всего получили развитие работы по определению изотопного состава вод метаморфических пород и минералов, начатые ещё в довоенные годы с В.И. Вернадским; были выполнены классические работы в области геохимии изотопов как лёгких (водорода, углерода, азота, кислорода, серы и калия), так и тяжёлых (свинца); был внесён большой вклад в развитие теории изотопных эффектов, в создание новых методов изотопной геохронологии (калий-аргоновый, уран-свинцовый, свинец-свинцовый, руби-

дий-стронциевый, радиоуглеродный).

А.П. Виноградов уделял большое внимание подготовке молодых специалистов. В 1952 г. году он создал кафедру геохимии на геологическом факультете МГУ имени М.В. Ломоносова, которую возглавлял вплоть до 1975 г.

С конца 60-х годов развивался метод датирования по цирконам и были построены соответствующие геохронологические карты щитов. В 1968 г. на XXIII сессии Международного геологического конгресса был представлен проект геохронологической шкалы докембрия. В 1974 г. для определения абсолютного возраста лунного грунта реголита был успешно применён рубидий-стронциевый метод. Изотопные исследования, проводимые под руководством А.П. Виноградова, имели большое значение для изотопной геологии в СССР. Они явились ключом к открытию целого ряда геологических концепций и закономерностей. Были исследованы проблемы генезиса горных пород и руд, возраст их образования, а также основные этапы эволюции Земли и планет Солнечной системы и их датирование в геологическом масштабе.

В планы работ Института с 50-х годов постепенно включаются исследования по геохимии земной коры и верхней мантии Земли, геохимии рудообразующих процессов, биогеохимии и органической геохимии, радиогеохимии, космохимии и сравнительной планетологии, геохимии изотопов и геохронологии, кристаллохимии и геохимии твёрдого тела, прикладной геохимии.

В 1960 г. под редакцией А.П. Виноградова выходят 2-х томный «Атлас литолого-палеогеографических карт Русской платформы и её геосинклинального обрамления» и 4-х томный «Атлас литолого-палеогеографических карт СССР». В этой работе принимал участие большой коллектив геологов (более 1000 человек). Затем А.П. Виноградов проводит исследования по геохимии отдельных элементов; изучает средний химический состав земной коры. В 1956 г. и позднее, в 1962 г., публикует новые таблицы кларков Солнца, вещества метеоритов, пород Земли, показав среднюю распространённость химических элементов.

В связи с наблюдавшимся к середине 50-х годов бурным развитием геохимии, в 1956 г. А.П. Виноградовым был основан журнал «Геохимия», а он стал его главным редактором.

Любовь к океану и изучение проблем, связанных с океаном, прошли красной нитью через всю научную деятельность А.П. Виноградова. На основе этих иссле-

дований им была поставлена глубокая по своему научному значению проблема эволюции состава воды Мирового океана в ходе геологической истории Земли. В 1966 г. А.П. Виноградов организует и проводит в Москве II-й Международный океанографический конгресс, являясь его избранным президентом. Его доклад на пленарном заседании содержал концептуальные основы исследования океана. На конкретном материале он сопоставил взаимодействие мантийных и коровых процессов при формировании литосферы с аналогичными процессами при образовании континентов. В 1967 г. выходит в свет ещё одна монография А.П. Виноградова «Введение в геохимию океана». На основе экспериментальных данных автором, в частности, было показано, что образование литосферы и гидросферы является единым геологическим процессом. В 1971 г., при самой энергичной поддержке А.П. Виноградова, началась подготовка «Международного геолого-геофизического атласа Мирового океана», изданного Межправительственной океанографической комиссией (МОК) под эгидой ЮНЕСКО (главный редактор – Г.Б. Удинцев). В 1975 г. вышел «Атлас Индийского океана», затем, в 1990 г., «Атлас Атлантического океана», а в 2003 г. – «Атлас Тихого океана».

А.П. Виноградов по праву считается основоположником космохимических исследований в СССР. Ему принадлежит ведущая роль в разработке национальной научной стратегии по изучению тел Солнечной системы, их состава и строения. Эта огромная по своим масштабам и значимости область знания была начата с изучения Луны. В ГЕОХИ АН СССР под руководством Виноградова разрабатывались специальные приборы для изучения внеземного вещества (гамма-, рентгено-, масс-спектрометры, нейтронные детекторы, газоанализаторы и др.), которые устанавливались на космические станции, направляемые к Луне, Венере и Марсу, принёсшие затем первые сведения об их вещественном составе. Полученные данные о содержании естественных радиоактивных элементов (K, U, Th) в породах Луны полностью подтвердили гипотезу А.П. Виноградова о преимущественно базальтовом составе её поверхности, выдвинутую им ранее. Доставка на Землю из разных регионов Луны образцов лунного грунта с помощью аппаратов «Луна-16» (1970), «Луна-20» (1972) и позже, уже после ухода Александра Павловича из жизни, «Луна-24» (1976), стала настоящим триумфом советской космонавтики.

Всестороннее изучение реголита, доставленного лунными экспедициями в 1970 г. из

Моря Изобилия, оказавшегося базальтоидного состава, и в 1972 г. – из материковой области, оказавшегося анортозитового состава, показало их неидентичность, указывающую на различную геохронологию процессов, сформировавших базальтовые и анортозитовые породы Луны.

Отсутствие атмосферы и гидросферы на Луне объясняло постоянство состава горных пород Луны с момента их образования и дало возможность подойти к пониманию происхождения Земли и объяснить её раннюю геологическую историю.

Изучение Венеры и Марса с помощью межпланетных космических станций и спускаемых аппаратов, параллельно с изучением Луны, проходило также под непосредственным руководством А.П. Виноградова в ГЕОХИ АН СССР. С 1967 по 1973 гг. были получены данные по радиоактивности пород поверхности Венеры и химическому составу её атмосферы, которая оказалась состоящей на 97% из углекислоты и небольшого количества азота, паров воды со следами кислорода и аммиака. В докладе «Атмосферы планет Солнечной системы» (МГУ, 1969) А.П. Виноградов подчеркнул, что история атмосферы Венеры, в первую очередь, должна определяться парниковым эффектом и степенью диссипации атмосферы (потеря гелия, водорода, воды). За месяц до ухода из жизни он смог увидеть первые телевизионные изображения поверхности Венеры, передаваемые автоматическими межпланетными станциями «Венера-9» и «Венера-10». Интерпретация этих панорам стала последним научным исследованием А.П. Виноградова.

В 1973 г., с помощью автоматической межпланетной станцией «Марс-5», впервые измерено содержание естественных радиоактивных элементов в породах, залегающих на поверхности Марса. Была произведена идентификация пород на участках древней коры и в более молодых регионах вулканического происхождения.








По предложению советских планетологов Международный астрономический союз, в знак признания заслуг А.П. Виноградова, присвоил его имя горному массиву на Луне и кратеру на Марсе.



Академия наук СССР увековечила память академика А.П. Виноградова, присвоив его имя Институту геохимии СО АН СССР и научно-исследовательскому судну Дальневосточного научного центра АН СССР. Александр Павлович Виноградовнискал заслуженный авторитет у зарубежного сообщества учёных как выдающийся естествоиспытатель, блестящий организатор науки и общественный деятель.

## Члены Академии наук, работавшие и работающие в Институте

Член академии наук	Звание, год избрания	Отделение
 <p><b>Вернадский Владимир Иванович</b> (1863-1945)</p>	<p>академик 05.04.1908</p>	<p>Физико-математическое отделение (минералогия)</p>
 <p><b>Виноградов Александр Павлович</b> (1895-1975)</p>	<p>академик 23.10.1953</p>	<p>Отделение геолого-географических наук (геохимия, аналитическая химия)</p>
 <p><b>Барсуков Валерий Леонидович</b> (1928-1992)</p>	<p>академик 23.12.1987</p>	<p>Отделение геологии, геофизики, геохимии и горных наук (геохимия)</p>
 <p><b>Галимов Эрик Михайлович</b> (1936-2020)</p>	<p>академик 31.03.1994</p>	<p>Отделение геологии, геофизики, геохимии и горных наук (геохимия)</p>
 <p><b>Ковальский Виктор Владиславович</b> (1899-1984)</p>	<p>чл.-корр. 1956</p>	<p>ВАСХНИЛ</p>
 <p><b>Рябчиков Дмитрий Иванович</b> (1904-1964)</p>	<p>чл.-корр. 26.06.1964</p>	<p>Отделение физикохимии и технологии неорганических материалов (аналитическая химия)</p>

Член академии наук	Звание, год избрания	Отделение
	<p><b>Хитаров Николай Иванович</b> (1903-1985)</p>	<p>чл.-корр. 26.06.1964</p> <p>Отделение наук о Земле (геохимия)</p>
	<p><b>Алимарин Иван Павлович</b> (1903-1989)</p>	<p>академик 01.07.1966</p> <p>Отделение физикохимии и технологии неорганических материалов (аналитическая химия)</p>
	<p><b>Тугаринов Алексей Иванович</b> (1917-1977)</p>	<p>чл.-корр. 01.07.1966</p> <p>Отделение наук о Земле (геохимия)</p>
	<p><b>Таусон Лев Владимирович</b> (1917-1989)</p>	<p>академик 29.12.1981</p> <p>Отделение геологии, геофизики, геохимии и горных наук (геофизика, геохимия)</p>
	<p><b>Удинцев Глеб Борисович</b> (1923-2017)</p>	<p>чл.-корр. 07.12.1991</p> <p>Отделение наук о Земле (география, океанология)</p>
	<p><b>Ронов Александр Борисович</b> (1913-1996)</p>	<p>академик 11.06.1992</p> <p>Отделение геологии, геофизики, геохимии и горных наук (геология, геофизика, геохимия и горные науки)</p>
	<p><b>Грибов Лев Александрович</b> (1933-2021)</p>	<p>чл.-корр 30.05.1997</p> <p>Отделение общей и технической химии (физическая химия)</p>

Член академии наук	Звание, год избрания	Отделение
	<b>Спиваков Борис Яковлевич</b> (1941-2022)	чл.-корр. 22.05.2003 Отделение химии и наук о материалах (аналитическая химия)
	<b>Урусов Вадим Сергеевич</b> (1936-2015)	академик 22.05.2003 Отделение геологии, геофизики, геохимии и горных наук (геохимия)
	<b>Золотов Юрий Александрович</b>	академик 23.12.1987 Отделение физикохимии и технологии неорганических материалов (аналитическая химия)
	<b>Мясоедов Борис Федорович</b>	академик 31.03.1994 Отделение общей и технической химии (химия)
	<b>Когарко Лия Николаевна</b>	академик 29.05.1997 Отделение геологии, геофизики, геохимии и горных наук (геохимия)
	<b>Моисеенко Татьяна Ивановна</b>	чл.-корр. 30.05.1997 Отделение океанологии, физики атмосферы и географии (гидрология, водные ресурсы)
	<b>Кусков Олег Львович</b>	чл.-корр. 29.05.2008 Отделение наук о Земле (экспериментальная минералогия, геохимия)

Член академии наук	Звание, год избрания	Отделение
	<b>Маров Михаил Яковлевич</b> академик 29.05.2008	Отделение наук о Земле (планетные исследования)
	<b>Федонкин Михаил Александрович</b> академик 29.05.2008	Отделение наук о Земле (биогеохимия)
	<b>Соболев Александр Владимирович</b> академик 28.10.2016	Отделение наук о земле (геохимия)
	<b>Колотов Владимир Пантелеймонович</b> чл.-корр. 28.10.2016	Отделение химии и наук о материалах (аналитическая химия)
	<b>Костицын Юрий Александрович</b> академик 28.10.2016	Отделение наук о земле (геохимия)
	<b>Хамизов Руслан Хажсетович</b> чл.-корр. 01.06.2022	Отделение химии и наук о материалах (аналитическая химия и диагностика материалов)



## Известные ученые, внесшие значительный вклад в развитие научных направлений Института



**Абрамсон Илья Соломонович**  
(1910-1983)

Доктор технических наук, старший научный сотрудник.

Работал в институте с 1969, в 1973 г., организовал лабораторию прецизионного аналитического приборостроения. Разработал ряд спектральных приборов (скоростной спектрофотометр, прецизионный кулонометр, аппаратура для анализа спектров атомного поглощения и флуоресценции). За разработку ночного метода аэрофотосъемки в 1947 г. присуждена Государственная премия. Кавалер ордена «Знак Почета».



**Александров Игорь Васильевич**  
(1924-1994)

Доктор геолого-минералогических наук.

Впервые выявлены комплексные карбонатные соединения ниобия и тантала, объяснен их перенос и разделение в карбонатитовых и оловорудных месторождениях. Объяснены основные геохимические особенности поведения тантала и ниобия, установлены физико-химические условия образования и накопления редких элементов в гранитоидах и гранитных пегматитах и предложены методы оценки продуктивности танталового оруденения. Кавалер трех орденов.



**Алимарин Иван Павлович**  
(1903-1989)

Доктор химических наук, академик АН СССР.

Выдающийся советский химик-аналитик, академик АН СССР, лауреат Государственной премии СССР. На протяжении многих лет был главой аналитической химии в России, возглавлял Научный совет АН СССР по аналитической химии, Журнал аналитической химии, кафедру аналитической химии Московского университета. Внес большой вклад в постановку и развитие новых методов: микро- и ультрамикро анализа, нейтронно-активационного анализа и других радиоаналитических методов, вольтамперометрии, способов концентрирования элементов (соосаждение, экстракция и др.), многочисленных методов анализа минерального сырья. Развил аналитическую химию редких и рассеянных элементов; методы анализа веществ высокой чистоты. Герой Социалистического труда. Лауреат Государственной премии СССР. Кавалер семи орденов.



**Баранов Владимир Ильич**  
(1892 -1972)

Доктор физико-математических наук, профессор.

Окончил физико-математический факультет Московского университета в 1916 году. Заведовал радиологической лабораторией, в 1946-1962 годы был зам. директора Института. Основные направления научной деятельности - природная радиоактивность земной коры, определение возраста горных пород, океанических осадков, метеоритов и т.д. Измерено содержание ряда радиоактивных элементов в горных породах, выявлены закономерности распределения радиоактивных элементов в основных типах почв СССР, определена радиоактивность вод нефтеносных районов, найдены геохимические особенности радиоактивного загрязнения окружающей среды. Заслуженный деятель науки РСФСР. Награжден Золотой медалью имени В. И. Вернадского. Лауреат Сталинской премии. Кавалер четырех орденов.



**Барсуков Валерий Леонидович**  
(1928-1992)

Доктор геолого-минералогических наук, академик АН СССР.

В 1951 г. окончил Московский геологоразведочный институт, после этого работал в ГЕОХИ, в 1976 г. стал директором Института. Его исследования посвящены изучению проблем рудообразования – от механизмов мобилизации, условий переноса и отложения рудного вещества до создания оригинальных методов поисков и прогноза рудных месторождений. Организовал и возглавил комплексное исследование строения и состава атмосферы и пород поверхности планеты Венера с помощью космических аппаратов. Дважды лауреат Государственной премии СССР. Награжден Золотой медалью имени В. И. Вернадского. Кавалер четырех орденов.



**Бибикова Елена Владимировна**

(1934–2016)

Доктор геолого-минералогических наук.

В ГЕОХИ работала с 1957 г. Занималась изотопной геохронологией и геохимией изотопов. Создала методологию изотопного датирования акцессорных цирконов (цирконометрию). Провела исследования в области изотопного датирования древнейших образований нашей планеты, изучала роль изотопной геохронологии в решении проблем геодинамики в раннем докембрии.



**Варшал Галина Моисеевна**

(1932–2001)

Доктор химических наук.

Известный ученый в области исследования роли гумусовых веществ в процессах рассеяния и накопления тяжелых металлов в зоне гипергенеза. Внесен значительный вклад в изучение механизмов формирования месторождений благородных металлов в осадочно-метаморфических черносланцевых комплексах, развит комплекс высокочувствительных методов определения этих металлов в углеродсодержащих породах, развита аналитическая химия редкоземельных элементов и ртути, анализ минерального сырья и природных вод. Лауреат премии Совмина СССР.



**Волков Владислав Павлович**

(1934–2012)

Доктор геолого-минералогических наук.

В ГЕОХИ работал с 1956 г. Провел исследования, связанные с геохимией и петрологией магматических пород Кольского полуострова. Его работы в сфере термодинамического моделирования процессов взаимодействия пород поверхности и атмосферы планеты Венеры обобщены в главах монографии "Chemistry and physics of terrestrial planets" (1986 г.). Внес весомый вклад в изучение научного наследия академика В.И. Вернадского.



**Галимов Эрик Михайлович**

(1936–2020)

Доктор геолого-минералогических наук, профессор, академик РАН.

Окончил Московский нефтяной институт им. И.М. Губкина в 1959 г. В ГЕОХИ в 1973 г. возглавил созданную им лабораторию геохимии углерода. В 1994 г. стал директором Института. Внес весомый вклад в развитие ряда крупных научных направлений, таких как геохимия органического углерода, включающая геохимию нефти и углеводородных газов; изотопную геохимию; изучение поведения углерода в планетарном цикле, включающее проблему происхождения Луны и раннюю историю Земли, условия зарождения биосферы, а также механизм образования алмазов. Лауреат Государственной премии. Кавалер медали Альфреда Трейбса и золотой медали имени В. И. Вернадского, лауреат премии имени В. И. Вернадского. Кавалер двух орденов.



**Герасимовский Василий Иванович**

(1907–1979)

Доктор геолого-минералогических наук, профессор.

В ГЕОХИ работал с 1949 г. Возглавлял лабораторию магматических и метаморфических пород, проводил исследование щелочного магматизма Земли и связанного с ним оруденения, а также исследование рифтовых зон Мирового океана. Внес крупный вклад в геолого-геохимическое изучение щелочных провинций мира, лично участвовал в экспедициях в Гренландию и Восточную Африку. Заслуженный деятель науки и техники РСФСР. Лауреат Ленинской премии, премий им. С.М. Кирова и им. В.И. Вернадского. Кавалер трех орденов.



**Грибов Лев Александрович**

(1933–2021)

Доктор физ.-мат. наук, профессор, член-корреспондент РАН.

Создал методы расчёта оптических молекулярных спектров в диапазоне от далёкого ИК до УФ. Предложена теория химических реакций, заложены основы молекулярной логики. Развита теория экспертных систем и подходы для проведения анализа веществ только по их спектрам, без эталонов. Один из основоположников математической химии. В 1975 г. создал и возглавил лаб. молекулярного моделирования и спектроскопии; 1998–2008 гг. – зам. директора по научной работе. Заслуженный деятель науки Российской Федерации. Лауреат Государственной премии РФ. Кавалер медали ордена «За заслуги перед Отечеством» II степени.



**Дмитриев Леонид Владимирович**

(1927-2005)

Доктор геолого-минералогических наук, профессор.

В 1951 г. окончил Московский геологоразведочный институт, после этого работал в ГЕОХИ. С 1980 г. возглавлял лабораторию геохимии магматических и метаморфических пород. Под его руководством впервые составлены петрологические карты Индийского и Атлантического океанов для международных Атласов. Разработал количественные геодинамические модели взаимодействия мантии и коры на примере ключевых регионов океанов и континентов. Кавалер ордена «Знак Почета».



**Ермаков Анатолий Николаевич**

(1926-1994)

Доктор химических наук, профессор.

Поставил и развил в институте исследования с использованием физических методов для изучения строения вещества- методы электронного парамагнитного резонанса, ядерного магнитного резонанса, гамма- резонансной спектроскопии. Получены новые знания в области радиохимии, аналитической и неорганической химии редких элементов, созданы новые направления в исследовании химии комплексных соединений. Лауреат

премии имени Л. А. Чугаева. Кавалер четырех орденов.



**Кадик Арнольд Арнольдович**

(1933-2016)

Доктор геолого-минералогических наук, профессор.

В 1958 г. окончил геологический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова. С 1961 г. работал в ГЕОХИ. С 1985 г. заведовал лабораторией геохимии мантии Земли. Внес вклад в развитие российской школы экспериментальных исследований геохимических процессов в недрах Земли. Является одним из основателей нового направления в геохимии, связанного с изучением особенностей эволюции окислительно-восстановительного состояния мантийного вещества при его химической дифференциации. Заслуженный деятель науки

Российской Федерации. Лауреат премии А. П. Виноградова РАН.



**Карякин Аркадий Васильевич**

(1918-1986)

Доктор физико-математических наук.

Известный ученый в области спектроскопии. Окончил Московский государственный университет, химический факультет. С 1960 - зав. лабораторией спектральных методов анализа. Им предложены новые методы для повышения чувствительности метода эмиссионной спектроскопии при анализе сверхчистых веществ сложного состава, разработаны новые методы анализа с использованием методов молекулярной спектроскопии, люминесценции и фотохимии. Кавалер трех орденов.



**Ковальский Виктор Владиславович**

(1899-1984)

Доктор биологических наук, профессор, член-корреспондент ВАСХНИЛ.

Основатель научной школы по геохимической экологии и континентальной биогеохимии. Создал новое направление — геохимическая экология организмов. Разработал учение о биогеохимическом районировании биосферы, учение о пороговых концентрациях химических элементов, биогеохимический метод определения потребности животного организма в микроэлементах. Заложил теоретические и практические основы применения микроэлементов в сельском хозяйстве, медицине и питании человека, составил карты биогеохимических провинций и биогеохимического районирования, описал ряд эндемических заболеваний животных и человека. В ГЕОХИ работал с 1954 г. Изучал проблемы биохимии и биогеохимии микроэлементов в живых организмах. Организовал около 60 экспедиций для исследования биогеохимических провинций и реакций организмов растений, животных и человека на недостаток или избыток в среде определенных микроэлементов. Лауреат Ленинской премии. Кавалер трех орденов.



**Кринов Евгений Леонидович**

(1906-1984)

Доктор геолого-минералогических наук.

С 1972 г. являлся председателем Комитета по метеоритам АН СССР. Один из основателей метеоритных исследований в России. Принимал участие в исследовании крупнейших метеоритных падений – Тунгусского и Сихотэ-Алинского. в 1971 г. Международное метеоритное общество присудило Кринову Медаль Леонарда – высшую ежегодную награду общества. Именем Кринова назван астероид 2887 и новый метеоритный минерал (криновит  $\text{Na}_2\text{Mg}_4\text{Cr}_2(\text{Si}_6\text{O}_{18})\text{O}_2$ ). Лауреат Сталинской премии.



**Кузьмин Николай Михайлович**

(1936-1998)

Доктор химических наук, профессор.

Известный ученый в области органической и аналитической химии, синтезировал новые органические реагенты селективные к различным элементам. Окончил химическое отделение физико-математического факультета Томского Государственного Университета в 1930 году. С 1949 г. работал в институте, с 1952 – зав. лабораторией органических веществ. Занимался экстракционным разделением элементов, создал теоретические основы цветных реакций органических реагентов с неорганическими ионами. Разработал

новый метод соосаждения ультрамалых количеств более чем 30 элементов с использованием органических соосаждителей, а также метод термоспектрофотометрии.



**Кузнецов Виталий Иванович**

(1909-1987)

Доктор химических наук, профессор.

Известный ученый в области органической и аналитической химии, синтезировал новые органические реагенты селективные к различным элементам. Окончил химическое отделение физико-математического факультета Томского Государственного Университета в 1930 году. С 1949 г. работал в институте, с 1952 – зав. лабораторией органических веществ. Занимался экстракционным разделением элементов, создал теоретические основы цветных реакций органических реагентов с неорганическими

ионами. Разработал новый метод соосаждения ультрамалых количеств более чем 30 элементов с использованием органических соосаждителей, а также метод термоспектрофотометрии.



**Кунин Лев Лазаревич**

(1920-1990)

Доктор технических наук

Выполнил фундаментальные исследования по теме физико-химических и аналитических исследований металлов. Автор десятков патентов. В 1967-1988 гг. работал в институте, в 1968 г. возглавил лабораторию по определению газообразующих примесей. Специалист в области определения газов (кислород, азот, водород), содержащихся в металлах и сплавах с использованием различных методов (электрохимические ячейки, гамма-активационный анализ и др.).



**Лаврухина Августа Константиновна**

(1919-2006)

Доктор геолого-минералогических наук, профессор.

С 1947 г. работала в ГЕОХИ, с 1964 по 1989 г. заведовала лабораторией космохимии. На основании экспериментальных и теоретических исследований ядерных реакций под действием частиц высоких энергий ею обосновано новое научное направление “ядерная космохимия”. Создана количественная модель глубинного распределения ядерно-активных частиц и космогенных изотопов в космических телах. Лауреат Премии имени

В.Г. Хлопина. Кавалер ордена “Знак Почета”.



**Маров Игорь Николаевич**

(1933-1997)

Доктор химических наук, профессор.

Известный специалист в области исследования химии комплексных соединений и механизма аналитически важных реакций с использованием методов электронного парамагнитного резонанса и ядерного магнитного резонанса. Им выполнен цикл работ по изучению комплексообразования редких элементов, а также молибдена, хрома, вольфрама, серебра и др. в растворах, внесен вклад в понимание механизма экстракции

координационных соединений, механизма сорбции металлов сорбентами различной природы. Лауреат Премии имени Л. А. Чугаева.



**Макаров Евгений Сергеевич**

(1911-1994)

Доктор химических наук.

Работал в институте с 1956 г., возглавив созданную кристаллохимическую лабораторию. Макаров известный ученый в области кристаллохимии неорганических соединений, интерметаллидов и минералов. Он впервые в стране начал теоретическое и экспериментальное изучение атомного строения кристаллических фаз с переменным числом атомов в элементарной ячейке, определил атомную структуру кристаллов

многочисленных интерметаллических фаз дальтоноидного и бертоллоидного типа, впервые развил единую структурно-кристаллохимическую теорию фаз переменного состава.



**Мигдисов Арег Арташесович**

(1936–2003)

Кандидат геолого-минералогических наук.

Окончил МГУ им. М.В. Ломоносова (1951–1956), геологический факультет, кафедру геохимии. В 1956 г. поступил в аспирантуру ГЕОХИ АН СССР, после окончания которой (1959 г.) продолжил работу в лаборатории геохимии осадочных пород. В 1985 г. А.А. Мигдисов возглавил лабораторию геохимии осадочных пород. Основное направление – количественное описание геохимических закономерностей формирования и эволюции осадочной оболочки Земли. Развита методы изотопной геохимии, которые применены к решению проблем региональной и глобальной седиментологии и тектоники.



**Назаров Михаил Александрович**

(1949–2016)

Доктор геолого-минералогических наук.

С 1972 г. работал ГЕОХИ, с 1989 г. заведовал сектором изучения внеземного вещества и метеоритики. Под его руководством проведены работы по изучению геохимии и минералогии лунного грунта и метеоритов, поиску и исследованию космохимических аномалий на стратиграфических границах, изучению метеоритных кратеров. Предложил минералогическую интерпретацию результатов анализа пылевой фракции кометы Галлея.



**Наумов Георгий Борисович**

(1929–2019)

Доктор геолого-минералогических наук, профессор.

В ГЕОХИ работал с 1953 г.. Внес весомый вклад в геохимию процессов рудообразования. Сформулировал положения о комплексных формах переноса элементов в гидротермальных растворах, роли процессов их дегазации и значении предрудных событий в накоплении потенциальных запасов металла и переводе их в потенциально подвижные формы. Заслуженный деятель науки Российской Федерации. Почётный разведчик недр. Кавалер ордена “Трудового красного знамени”.



**Павлоцкая Фанни Ильинична**

(1922–2006)

Доктор химических наук.

Основатель нового научного направления – геохимия искусственных радионуклидов. Руководила группой по изучению распространения и поведения осколочных элементов на поверхности Земли. С 1979 в лаб. геохимии возглавила радиоэкологические исследования поведения актинидов в объектах окружающей среды. Лауреат Премий Совета Министров СССР и Президиума АН СССР. Кавалер Ордена “Знак почета”.



**Палей Петр Николаевич**

(1900–1975)

Доктор химических наук, профессор.

Участник советского атомного проекта по теме: методы аналитической химии урана и плутония. С 1945 года работал в ГЕОХИ АН СССР, с 1949 зав. лабораторией радиохимии, с 1965 зам. директора института. Автор методов прецизионного определения малого количества вещества, необходимых для анализа и контроля делящихся материалов. Лауреат Сталинской и Ленинской премий. Кавалер пяти орденов.



**Ронов Александр Борисович**

(1913–1996)

Доктор геолого-минералогических наук, академик РАН.

В ГЕОХИ работал с 1950 г. Геолог, геохимик, палеогеограф, один из создателей и лидеров эволюционной геохимии, глобальной литологии и геохимии, автор «объемного метода» исследования стратисферы. Сформулировал “основной закон карбонатонакопления” и “геохимического принципа сохранения жизни”, связавшие накопление карбонатов и живого вещества с вулканической активностью Земли. Лауреат Государственной премии Российской Федерации. Кавалер двух орденов.



**Руденко Борис Антонович**

(1932–2013)

Доктор химических наук, профессор.

Окончив институт тонкой химической технологии им. М.В.Ломоносова в 1955 г. работал в Институте органической химии им. Н.Д. Зелинского АН СССР, с 1981 по 1984 год заведовал кафедрой аналитической химии 1-го Московского медицинского института им. И.М.Сеченова, в 1984–1990 гг. – директор Всесоюзного научно-исследовательского института синтетических и натуральных душистых веществ. С 1990 по 2004 г. заведовал лабораторией сорбционных методов в ГЕОХИ РАН.

В 1960-х годах Руденко увлекся газовой хроматографией органических соединений, что определило дальнейшую его творческую жизнь. Его исследования привели к созданию совершенно нового варианта газовой хроматографии - препаративной циркуляционной хроматографии (Б.А. Руденко и В.П. Чижков), позволяющей разделять с эффективностью до 30 тыс. теоретических тарелок граммовые количества близких по свойствам веществ.



**Рябчиков Дмитрий Иванович**  
(1904-1965)

Доктор химических наук, член-корреспондент РАН.

С 1944 работал в лаб. геохимических проблем, в 1947 реорганизованной в Институт. Ученый секретарь и зам. директора до 1956. В 1962-1964 гг заведующий лабораторией аналитической химии редких элементов. Широко известен исследованиями по химии и аналитической химии редких элементов, платиноидов, урана, тория и химии их комплексных соединений. Лауреат Сталинской премии. Заслуженный деятель науки и техники РСФСР. Кавалер четырех орденов.



**Саввин Сергей Борисович**  
(1931-2014)

Доктор химических наук, профессор.

Крупный ученый в области синтеза органических реагентов (ОР), теории и практики их применения в неорганическом анализе. Основные направления работы- органические реагенты (ОР) в неорганическом анализе, модифицированные и иммобилизованные формы ОР для разделения, концентрирования и определения неорганических веществ. Он синтезировал известнейший реагент арсеназо III, из нового класса бисазозамещенных хромотроповой кислоты. Работал в ИЮПАК, в редакциях научных журналов.

Заведовал лаб. органических реагентов.



**Сенявин Марк Моисеевич**  
(1917-1989)

Доктор химических наук, профессор.

Известный ученый в области теории и практики ионного обмена. С 1949 работал в институте; основатель лаб. сорбционных методов. Им внесен значительный вклад в развитие отечественной промышленности редкоземельных элементов, в решения крупномасштабных проблем по очистке поверхностных вод, включая связанные с ликвидацией последствий аварии в Чернобыле. Лауреат Государственной премии СССР и Государственной премии РСФСР. Кавалер ордена "Знак почета".



**Спиваков Борис Яковлевич**  
(1941-2022)

Доктор химических наук, профессор, член-корреспондент РАН.

В ГЕОХИ работал с 1968 года. Б.Я. Спиваковым предложена общая теория обменной экстракции хелатов и внесен вклад в теорию экстракции комплексов металлов с позиций координационной химии и теорию синергетической экстракции. Развита экстракционные, хроматографические, мембранные и другие современные методы разделения и концентрирования веществ, включая метод противоточной распределительной хроматографии, в том числе для выделения и исследования микро- и наночастиц различной природы.



**Сурков Юрий Александрович**  
(1926-2005)

Доктор физико-математических наук, профессор.

В ГЕОХИ работал с 1952 г. Основное направление исследований - изучение химического состава и физических параметров поверхностей Марса, Венеры, Луны и атмосферы Венеры. Разработал экспериментальные методы и бортовую аппаратуру автоматических межпланетных станций для исследования состава, структуры и свойств вещества планет и межпланетного пространства. Награжден премией имени А.П. Виноградова, медалями имени С.П. Королева, Ю.А. Гагарина и П.Л. Капицы. Лауреат Ленинской премии, Государственной премии СССР. Заслуженный деятель науки и техники РСФСР. Кавалер двух орденов.



**Таусон Лев Владимирович**  
(1917-1989)

Доктор геолого-минералогических наук, академик АН СССР.

В ГЕОХИ работал с 1947 по 1957 г. Затем стал директором Института геохимии в Новосибирске. Впервые систематически изучил геохимию рассеянных и рудогенных редких элементов в генетически связанных сериях изверженных горных пород. Сформулировал основные закономерности в поведении редких элементов в процессах дифференциации и кристаллизации магматических расплавов. Награжден Золотой медалью Научного общества им. Гейровского (Чехословакия), Золотой медалью имени В. И. Вернадского АН СССР (посмертно). Лауреат премии имени А. П. Виноградова АН СССР, Кавалер пяти орденов.



**Тугаринов Алексей Иванович**

(1917-1977)

Доктор геолого-минералогических наук, член-корреспондент АН СССР.

В 1940 г. окончил Московский геологоразведочный институт. С 1949 г. работал в ГЕОХИ, в 1965 г. организовал и возглавил Лабораторию редких элементов. Занимался проблемами эволюции рудообразования в истории Земли. Показал, что возникновение рудных провинций, их специализация на те или иные металлы начинается с дифференциации вещества земной коры при образовании продуктивных осадочных формации. Внес большой вклад в геохимию урана. Лауреат Ленинской премии. Лауреат премий имени

А.П. Карпинского и А.П. Виноградова АН СССР (посмертно). Кавалер двух орденов.



**Удинцев Глеб Борисович**

(1923-2017)

Доктор географических наук, профессор, член-корреспондент АН СССР.

В ГЕОХИ работал с 1992 г. Крупнейший специалист в области морской геоморфологии и геофизики. Проводил многолетние работы по исследованию рельефа и строения дна Дальневосточных морей и Тихого океана, составил ряд батиметрических, геоморфологических и тектонических карт. Его имя носит гигантский разлом на дне Тихого океана. Дважды лауреат Государственной премии СССР. Награжден Почётной грамотой

Президента Российской Федерации. Кавалер пяти орденов.



**Урусов Вадим Сергеевич**

(1936-2014)

Доктор химических наук, академик РАН.

С 1961 г. работал в ГЕОХИ, с 1979 г. заведовал лабораторией кристаллохимии. Создатель нового раздела кристаллохимии минералов – энергетической кристаллохимии, которая позволяет анализировать связь структуры и свойств кристаллов с энергией межатомных взаимодействий. Предложил понятие энергии атомизации как универсальной характеристики энергии химической связи. Лауреат Государственной премии СССР.

Лауреат премий им. А. Е. Ферсмана и Е. С. Фёдорова. Заслуженный деятель науки РФ.



**Флоренский Кирилл Павлович**

(1915-1982)

Кандидат геолого-минералогических наук.

Работал в ГЕОХИ с 1947 г. Стал заведующим лабораторией сравнительной планетологии в 1975 г. Обосновал концепцию возникновения атмосфер планет в результате ударно-взрывных процессов на догеологической стадии формирования планетных тел. Активный участник комплексного исследования метеоритных кратеров на Земле и других планетах и выбора мест посадок советских космических аппаратов на поверхность Луны. Международным астрономическим союзом в 1985 г. в честь К. П. Флоренского

назван кратер Флоренский (Florensky) на обратной стороне Луны. Именем Флоренского назван минерал флоренскиит (florenskyite). Европейским союзом наук о Земле учреждена Медаль Ранкорна—Флоренского. Кавалер четырех орденов.



**Хитаров Николай Иванович**

(1903-1985)

Доктор геолого-минералогических наук, профессор, член-корреспондент АН СССР.

В 1930 г. окончил Ленинградский политехнический институт. В 1953 г. стал заведующим лабораторией магматогенных процессов ГЕОХИ, в 1963-1970 гг. был заместителем директора Института. Геохимик-экспериментатор. Внес весомый вклад в изучение проблем рудообразования, растворимости воды в магматическом расплаве, оценки

роли воды – главного летучего компонента – в преобразовании пород и минералов в условиях повышенных температур и давлений. Награжден Золотой медалью имени В. И. Вернадского и Премией имени А.Е.Ферсмана. Кавалер трех орденов.



**Хитров Лев Михайлович**

(1933-1998)

Кандидат химических наук.

В ГЕОХИ работал с 1956 г. С 1977 г. заведовал лабораторией геохимии океана. Конструктор по специальному морскому приборостроению. Разработал методики исследования миграции радионуклидов в воде, почвах, атмосфере, живых организмах, растениях. Изучал последствия ядерных взрывов, бомбардировок Хиросимы и Нагасаки, Чернобыльской катастрофы. Кавалер двух орденов.

**Ходаковский Игорь Львович**

(1941-2012)

Доктор химических наук, профессор.

В ГЕОХИ работал с 1963 г. В 1977 г. организовал лабораторию термодинамики природных процессов. Внес значительный вклад в экспериментальные и теоретические исследования термодинамики минералов гидротермальных рудообразующих систем, в разработку физико-химических моделей процессов, регулирующих состав атмосфер планет и пород их поверхности, в изучение процессов образования метеоритного вещества. Кавалер ордена «Знак Почета».

**Чупахин Михаил Сергеевич**

(1920 - 1972)

Доктор технических наук.

На базе промышленного масс-спектрометра создал установку для регистрации изотопных сдвигов легких химических элементов, а также изотопных отличий для палеотемпературных целей. Разработал масс-спектральные методы анализа особочистых веществ. Кавалер трех орденов.

**Щербина Владимир Витальевич**

(1907-1978)

Доктор геолого-минералогических наук, профессор.

С 1948 г. заведовал лабораторией геохимии отдельных элементов в ГЕОХИ. Вице-президент Международной ассоциации геохимии и космохимии в 1972-1976 гг. Один из крупнейших специалистов в области геохимии радиоактивных элементов. Заложил основы научного направления – геохимии элементов в зоне гипергенеза рудных месторождений. Награжден Золотой медалью имени В. И. Вернадского. Лауреат Ленинской премии. Заслуженный деятель науки и техники РСФСР. Кавалер двух орденов.

**Шуколюков Юрий Александрович**

(1929-2013)

Доктор химических наук, профессор.

С 1979 г. заведовал лабораторией изотопной геохимии и геохронологии ГЕОХИ, в 1981-1989 гг. был заместителем директора Института. Внес весомый вклад в изучение поведения изотопных систем при различных физико-химических условиях и создание новых методов изотопной геохронологии, в том числе для изотопного датирования урановых и золоторудных месторождений. Награжден Золотой медалью имени В. И. Вернадского.

Заслуженный деятель науки Российской Федерации.

**Яковлев Юрий Всеволодович**

(1928-2014)

Кандидат хим. наук, старший научный сотрудник.

Выполнил первые работы в институте и СССР по нейтронно-активационному анализу. Задачи: контроль ультрамикроскопических содержаний примесных элементов в материалах для ядерной энергетики, веществах высокой чистоты и полупроводниках, включая матрицы с высоким сечением самопоглощения тепловых и резонансных нейтронов. Выполнены пионерские работы по анализу уникальных образцов лунного грунта. Лауреат Государственной премии СССР.

**Ярошевский Алексей Андреевич**

(1934-2017)

Доктор геолого-минералогических наук, профессор.

Известный ученый в области физико-химического моделирования геохимических процессов. Внес значительный вклад в развитие общей геохимии, геохимии биосферы и космохимии. Установлены закономерности геохимического баланса вещества земной коры, а также разработана модель ее формирования и эволюции. Предложена физико-химическая теория динамики магматического процесса и на этой основе изучен

механизм формирования дифференцированных магматических комплексов основных и ультраосновных пород и связанного с ними оруденения.





## Руководство Института



Исполняющий  
обязанности  
директора,  
д.х.н., член-корр. РАН

**Хамизов  
Руслан Хажсетович**



Заместитель  
директора  
по финансовым  
и кадровым вопросам

**Абдуллаева  
Ксения  
Александровна**



Заместитель директора  
по научной работе  
по направлению  
«Геохимия»  
д.х.н.

**Федотов  
Петр Сергеевич**



Научный руководитель  
института  
по направлению  
«Науки о Земле»,  
д.г.-м.н., академик РАН

**Костицын  
Юрий Александрович**



Заместитель директора  
по научной работе  
по направлению  
«Аналитическая химия»  
д.х.н.

**Винокуров  
Сергей Евгеньевич**



Научный руководитель  
института  
по направлению  
«Аналитическая  
химия»,  
д.х.н., член-корр. РАН

**Колотов  
Владимир  
Пантелеймонович**



Заместитель директора  
по общим вопросам

**Шмельков  
Борис Сергеевич**



Ученый секретарь  
института  
к.г.-м.н.

**Мигдисова  
Наталья  
Александровна**



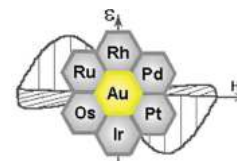
В геохимическом отделе, который объединяет девять лабораторий института, проводят исследования по следующим основным направлениям, имеющим актуальное фундаментальное и прикладное значение:

- Дифференциация ранней мантии Земли при ее плавлении, сегрегации металлического ядра, формировании силикатных и внешних, обогащенных летучими компонентами, оболочек планеты.
- Магматические и метаморфические процессы, их роль в образовании и эволюции океанической и континентальной литосферы, связь магматизма с геодинамическим режимом глубинных зон Земли.
- Изотопы, их распространенность и поведение в процессах формирования земного и внеземного вещества; определение изотопного возраста горных пород и руд, древнейших пород земной коры.
- Эволюция и рудоносность щелочных магм в различных геотектонических обстановках океанов и континентов, геохимия редких и рассеянных элементов при дифференциации щелочных и карбонатитовых магм, образование супергигантских редкометалльных и фосфатных месторождений.
- Геохимия углерода и органическая геохимия, процессы алмазообразования, распространенность и формы ископаемого органического вещества в земных недрах, образование нефти и газа.
- Термодинамическое моделирование геохимических процессов в гидрохимических и рудообразующих системах вода-порода-газы, минералого-геохимическое и термобарогеохимическое изучение гидротермальных месторождений.
- Аналитическая химия элементов платиновой группы (ЭПГ) и золота, их миграционное поведение в природных системах, механизмы осаждения на геохимических барьерах, роль ЭПГ и других токсичных элементов в экогеохимических процессах.
- Применение комбинированных методов фракционирования, изучения и анализа нано/микрочастиц и растворимых компонентов природных образцов для решения задач геохимии, в том числе наногеохимии, почвоведения и экологического мониторинга.
- Изучение структуры и свойств молекул, наночастиц и кристаллических фаз для установления геохимического поведения элементов, а также понимания состава, строения и эволюции планетных недр.



Руководитель отдела  
Д. х. н.  
П. С. Федотов

# Лаборатория геохимии и аналитической химии благородных металлов



## Заведующая

**Ирина Витальевна Кубракова**

доктор химических наук

+7 (499) 137-83-97,

[kubrakova@geokhi.ru](mailto:kubrakova@geokhi.ru)

[portal.geokhi.ru/Lab11](http://portal.geokhi.ru/Lab11)



### Основные направления исследований:

- Содержания, формы нахождения и геохимическое поведение благородных металлов (БМ) в природных и природно-техногенных обстановках.
- Моделирование переноса и накопления платиновых металлов (ЭПГ) и золота. Изучение роли органического вещества в этих процессах.
- Экологические аспекты разработки благороднометалльных месторождений
- Развитие методов исследования вещества.

### Методы:

- исследование состава природных объектов методами АЭС-ИСП, ВР-МС-ИСП, ЭТААС-спектрометрии, ИКС, UV-vis-спектрофотометрии, хроматографии, СЭМ, ПЭМ, ДРС;
- выявление корреляций содержаний элементов и их изменений в ходе геохимических преобразований;
- определение исходных форм элементов методами селективного выщелачивания и химического фазового анализа;
- получение индивидуальных молекулярных и наноразмерных форм элементов и определение их строения, устойчивости и сорбционных характеристик;
- экспериментальное моделирование образования миграционных форм ЭПГ, изучение механизмов их поведения при контакте с природными сорбционными фазами. Расчет распределения растворенных и сорбированных форм элементов; оценка кинетики выщелачивания элементов из пород;
- микроволновый синтез наноразмерных веществ и материалов;
- разработка новых схем анализа на основе сочетания инструментального определения и современных способов и приемов пробоподготовки и концентрирования.

### Оборудование:

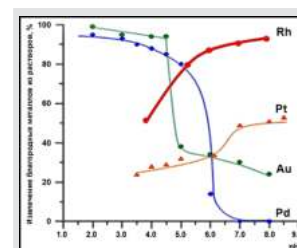
- АЭС - ИСП спектрометр IRIS Intrepid Duo (Thermo Electron, США);
- ЭТААС спектрометр Solaar MQZ (Thermo Electron, США).
- АЭС - ИСП спектрометр Prodigy Pro (Teledyne, США, демонстрационный прибор компании «Лабтест»).



- Микроволновые системы для подготовки проб и синтеза новых материалов (MARS 6, Discover и др., CEM Corp., США, в рамках демонстрационного центра ГК «Интераналит», организованного на базе лаборатории). В центре также представлено спектрофотометрическое (UV 1800), атомно-абсорбционное (AA7000) и хроматографическое (LC 20) оборудование компании Shimadzu (Япония)

### Основные достижения

- Разработана методология исследования геохимического поведения элементов платиновой группы (ЭПГ) и золота в океанических и пресноводных обстановках.
- Установлено, что миграционная способность ЭПГ определяется образованием устойчивых (lg Куст ~6-9) соединений с гумусовым веществом, гидроксил- и тиосульфат-ионами, а также наноразмерных ЭПГ. Показано, что различия в подвижности растворенных форм ЭПГ (Pd>Pt>>Rh), оцененные по взаимодействию с природными



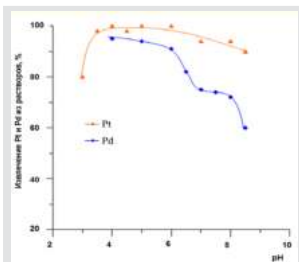
Сорбция ЭПГ и золота гуминовым веществом

**Лаборатория образована в 1996 г.** Её первым руководителем, профессором, доктором химических наук Галиной Моисеевной Варшал, создано направление, изучающее взаимодействие органических веществ гумусовой природы с ионами металлов и роль этого взаимодействия в геохимических процессах. С 2004 г. лабораторией заведует д.х.н. И.В.Кубракова.

В настоящее время в лаборатории работают 7 сотрудников, в том числе 1 доктор наук и 3 кандидата наук.

сорбционными фазами, обуславливают фракционирование ЭПГ в природных условиях.

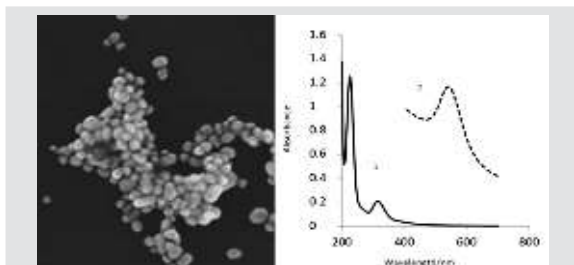
- Изучены закономерности переноса ЭПГ морским, речным и техногенным взвешенным веществом. Предложена качественная модель переноса



Извлечение гидроксохлоридов Pt и Pd из солевых растворов природными гидроксидами железа в зависимости от pH

и соосаждения платины в океанических условиях при формировании железомарганцевых образований. Выявлено преобладание подвижности палладия по сравнению с платиной в ходе низкотемпературного преобразования пород океанского дна.

- Экспериментально доказано, что комплексные соединения БМ с органическими лигандами и наноразмерные БМ могут служить формами переноса этих металлов углеродсодержащими флюидами, а углеводороды - транспортирующим агентом БМ. Образование наночастиц БМ установлено



ТЕМ изображение AuNPs и абсорбционные спектры молекулярной (1) и наноразмерной (2) форм золота, стабилизированного асфальтенами.

при перераспределении хлоридных форм между солевыми водными растворами и несмешивающейся с ними органической фазой с последующим восстановлением металлов ( $T \geq 160^\circ\text{C}$ ). Синтезированы модельные наноразмерные формы Au, Pd, Pt, устойчивые до  $T \geq 200^\circ\text{C}$ . Показана возможность отдельного определения комплексных и наноразмерных форм в органических системах путем их хроматографического разделения и спектрометрического детектирования.

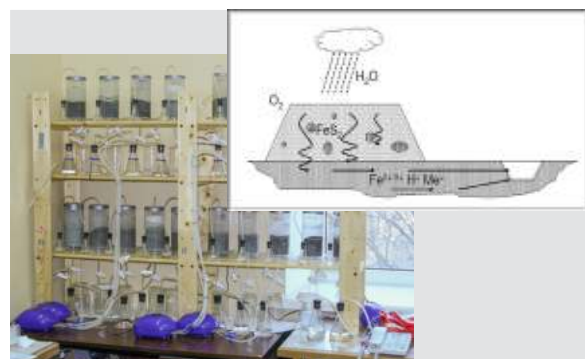
- На основании экспериментальных и расчетных данных о взаимодействии «вода-порода» в условиях окислительного

растворения сульфидов выполнен прогноз возможности накопления токсичных элементов и экологической опасности техногенного загрязнения окружающей среды в зонах разработки ряда благороднометалльных месторождений.

- Разработаны методы исследования и получены данные о содержаниях ЭПГ и других сидерофильных и халькофильных элементов в природных объектах, включая океанические железомарганцевые образования и ультраосновные породы океанического дна, пресноводные донные отложения, углистые и сульфидные породы, метеоритное вещество. Схемы анализа основаны на предварительном концентрировании следов БМ комплексообразующими или катионообменными сорбентами и ЭТААС или ВР-МС-ИСП-определении, включая вариант ИР.

- Для аналитического обеспечения экологических исследований предложены высокопроизводительные методики инструментального исследования вод, пород, техногенных растворов, биообъектов на содержание широкого круга элементов в диапазоне содержаний 0,00n-п мкг/г. Методики включают микроволновую подготовку проб и определение элементов методами АЭС-ИСП, МС-ИСП, ЭТААС.

- Разработаны способы получения материалов с магнитными свойствами для экоаналитических, технологических и биомедицинских приложений. Подход основан на синтезе и модифицировании поверхности наноразмерного магнетита органическими соединениями в условиях микроволнового нагрева. Получены, исследованы и применены в анализе высокодисперсные магнитные сорбционные материалы для определения следов токсичных компонентов в водных средах.



# Лаборатория геохимии магматических и метаморфических пород



## Заведующий

### Сергей Александрович Силантьев

доктор геолого-минералогических наук

Тел.: +7 (495) 939-70-27

[silantiev@geokhi.ru](mailto:silantiev@geokhi.ru)

[portal.geokhi.ru/Lab12](http://portal.geokhi.ru/Lab12)



#### Основные направления исследований:

- Петрология, геохимия и геодинамика процессов формирования литосферы и конвектирующей мантии;
- Взаимодействие гидротермальных и магматических систем в срединно-океанических хребтах.

#### Методы исследования:

- геологические исследования ключевых объектов;
- использование высокоточных химических и изотопных данных;
- высокоточный локальный микроанализ вещества;
- применение физико-химических методов описания процессов и математического моделирования;
- исследования включений в минералах.
- Экспериментальная петрология.

#### Междисциплинарные исследования

Исследования проводятся на стыке геохимии, петрологии, геодинамики и геофизики.

#### Международная кооперация

Совместные исследования и публикации с учеными из США, Канады, Франции, Германии, Англии, Италии, Сербии, Австралии и Японии; участие в крупных международных проектах: DeepCarbonObservatory, InterRidge, OceanDrillingProgram и др.

#### Основные достижения за последние годы:

- Установлено, что архейские коматиитовые расплавы значительно обогащены Cl и H<sub>2</sub>O. Вероятным источником Cl и H<sub>2</sub>O в мантийном резервуаре, из которого выплавлялись архейские коматиитовые расплавы, является измененная океаническая литосфера, подвергавшаяся субдукции в первый миллиард лет существования планеты Земля (Sobolev et al, 2016; Асафов и др., 2020).

- Разработана модель быстрой деструкции литосферы, приведшей к образованию Сибирской трапповой провинции и верхнепермскому массовому вымиранию (Sobolev et al, 2017b, Cambridge University Press 2015).

- Разработана методика гомогенизации расплавных включений в оливине при высоком водном давлении для оценки исходного содержания летучих (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O и S) в островодужных магмах (Mironov et al, 2015).

- Разработана методика высокоточного анализа оливина методом электронно-зондового микроанализа с пределом обнаружения примесных элементов (Ni, Ca, Mn, Al, Cr, Ti, Co, P, Zn, Na) до 5 г/т (Batanova et al, 2015).

- Установлены главные факторы, определяющие строение и состав внутренних океанических комплексов САХ и влияющие на геохимическую специфику океанических гидротермальных рудообразующих систем (Силантьев и др, 2009-2019).



академик  
**А.В. Соболев**  
Заведующий лабораторией с 2005 по 2018 гг.

**Лаборатория создана в 1952 году** профессором В.И. Герасимовским. В 1979-2005 гг. ею руководил профессор Л.В. Дмитриев. С 2005 по 2018 год лабораторией руководил академик А.В. Соболев. В настоящее время в лаборатории работают 14 научных сотрудников, включая 5 докторов и 6 кандидатов наук, 3 аспиранта и 2 инженера.

- Установлена геодинамическая природа продуктов неогенового вулканизма и ассоциирующих с ними мантийных и коровых ксенолитов центральной части архипелага Де Лонга (Восточный сектор Арктического бассейна). Реконструировано строение разреза литосферы под вулканическими центрами о-ов Жохова и Вилькицкого от поверхности осадочного чехла окружающей пассивной окраины до уровня глубинности мантии порядка 60 км. (Silant'ev, 2019).

- Разработана методика количественной оценки состава и содержания захваченного расплава в дунитах разных типов. Установлено, что типичные содержания захваченных расплавов в них составляют 1,0-1,5%, а их составы характеризуются геохимической спецификой, соответствующей составу природных расплавов (Базылев и др., Геохимия, 2019).

- Установлено происхождение ультра-мафитов основания офиолитовых массивов Полярного Урала (Batanova et al, 2011), Камчатки (Батанова и др, 2014) и расслоенного комплекса Пекульнейского массива (С-В России) (Базылев и др., 2013).

- Разработана новая схема развития траппового магматизма и связанного с ним промышленного сульфидно-никелевого оруденения в Норильском районе Российской Федерации (Krivolutskaya, 2016).

- Разработан новый оксибарометр для островодужных базальтов, основанный на распределении ванадия между оливином и расплавом (Shishkina et al, 2018).

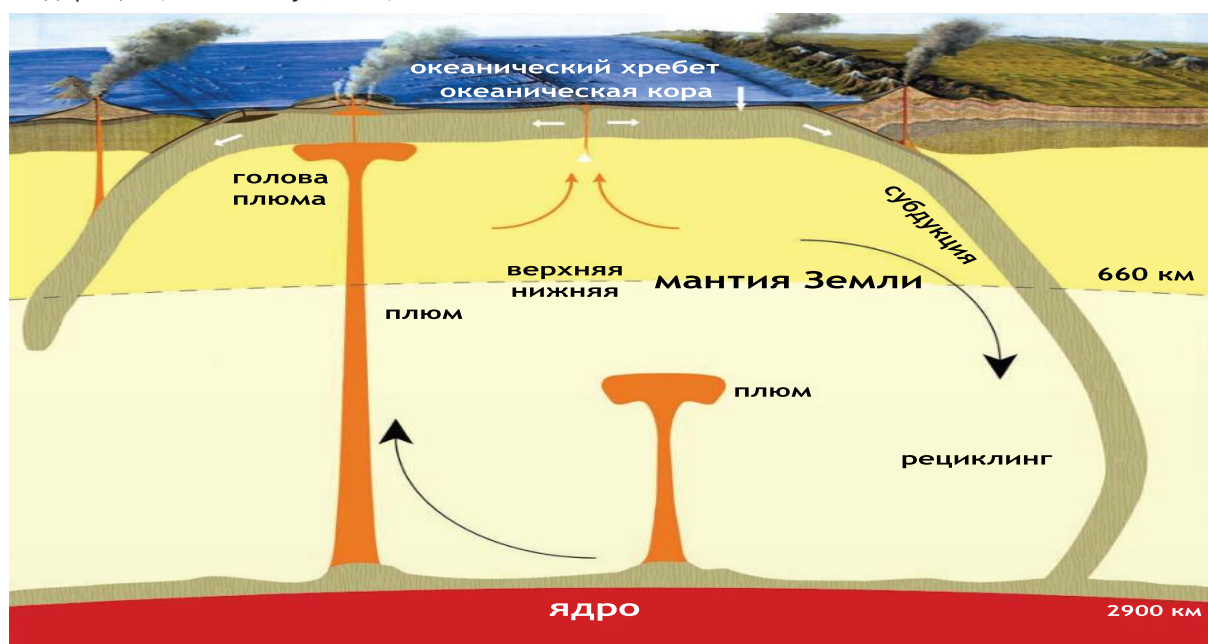
- Реконструирован состав магматических расплавов, связанных с деятельностью и эволюцией мезозойских мантийных плюмов, инициировавших раскол Гондваны. Показана их важная роль в процессе формирования океанической коры Южной Атлантики и Индийского океана (Суцевская и др., 2018 – 2021).

- На средства гранта РФФИ в 2015 г. в ГЕОХИ РАН создана лаборатория международного уровня для высокотемпературных экспериментов (до 1700°C) при контролируемой летучести кислорода (Крашенинников и др, 2017).

## Публикации, цитирование, диссертации

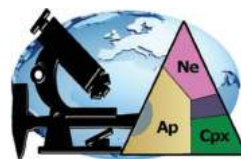
В 2010-2021 гг. опубликовано 133 работы лаборатории, включая 5 статей: в *Nature* (3), *Nature Communications* (1), *Nature Geosciences* (1) и одну международную монографию (*Springer*), процитированные более 800 раз.

С 2010 по 2021 гг. в лаборатории защищены 1 докторская и 4 кандидатские диссертации.





# Лаборатория геохимии и рудоносности щелочного магматизма



## Заведующая

### Лия Николаевна Когарко

академик РАН, доктор геолого-минералогических наук

Тел.: +7 (499) 137-31-16

[kogarko@geokhi.ru](mailto:kogarko@geokhi.ru)

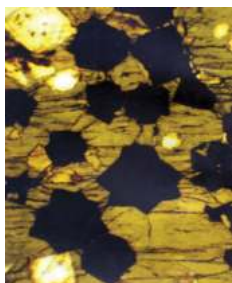
[portal.geokhi.ru/Lab14](http://portal.geokhi.ru/Lab14)



**Главной задачей лаборатории является выявление условий накопления стратегических и благородных металлов (ЭПГ, REE, Nd, Ta, Zr, Hf, U, Th) в процессах дифференциации щелочно-карбонатитового магматизма для роста сырьевой базы России**

### Главные результаты, полученные лабораторией за последние годы:

- На основании созданного банка данных установлено возникновение щелочного и карбонатитового магматизма Земли на рубеже 3 млрд. лет и в процессе эволюции Земли происходило непрерывное нарастание его активности, что связано с глобальным изменением геодинамического режима и потенциала кислорода Земли, а также активизацией крупномасштабного мантийного метасоматоза. В рамках предложенной концепции объяснен рост кимберлитового магматизма и падение его алмазности в ходе эволюции Земли.



- Разработана модель генезиса калиевого магматизма. Экспериментально показано, что при плавлении субдукционного материала с участием летучих компонентов при 6-8 ГПА (180-240 км) в результате фракционирования коэсита либо стишовита возможно выплавление недосыщенных щелочных расплавов. Сохранение жадеитового пироксена в реститовой зоне ведет к формированию расплавов с высоким K/Na отношением. Такой механизм позволяет объяснить формирование щелочных пород островных дуг.

- На основании геолого-петрологических и изотопных данных (системы Rb-Sr, Sm-Nd, Lu-Hf, U, Th-Pb) разработаны геохимические модели формирования суперкрупных

месторождений стратегических металлов. Разработан принцип ранней котектической насыщенности щелочных магм в отношении рудного минерала как необходимого условия для формирования магматических месторождений стратегических металлов. Предложен новый геохимический критерий редкометальной лопаритовой и эвдиалитовой минерализации Ловозерского суперкрупного месторождения (Кольский полуостров), основанный на изменении форм выделения этих минералов. Получен патент.



- Построена количественная модель концентрирования, фракционирования ценных стратегических металлов Zr и Hf- в конечных продуктах дифференциации щелочных магматических систем рассматриваемых как новый источник редкометального сырья.

- Исследована геохимия метасоматизированной мантии — источника месторождений щелочного магматизма.

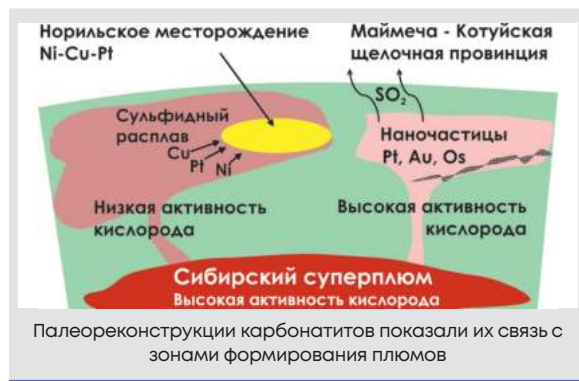


## Лаборатория создана в 1982 году.

На сегодняшний день лаборатория состоит из 23 сотрудников, в т.ч. 2 академика РАН, 1 член-корреспондент РАН, 4 доктора наук, 12 кандидатов наук, 1 аспирант.

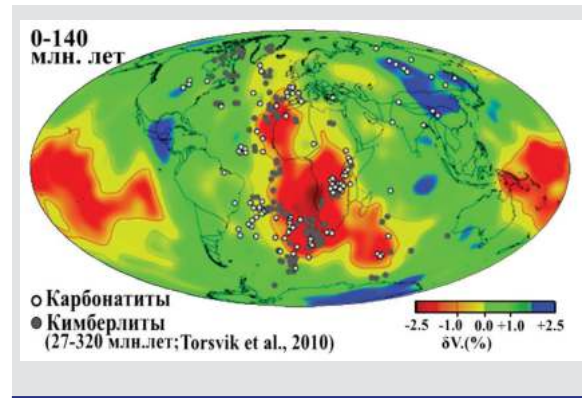
- Показано, что критерием потенциальной благороднометалльной специализации щелочных ультраосновных магматических комплексов Полярной Сибири являются высокие значения фугитивности кислорода, обеспечившие накопление платиноидов и золота в выплавляемых щелочных расплавах и их нахождение в самородном состоянии.

- На основании экспериментальных исследований построен ряд принципиальных для геохимии и рудообразования щелочного магматизма фазовых диаграмм, определены коэффициенты распределения ряда стратегических металлов в равновесиях минерал-щелочно-карбонатитовый расплав при высоких температурах и давлениях.



- Экспериментально установлены поля стабильности фаз-концентраторов хрома, титана и натрия в мантии Земли (граната, MgSiO<sub>3</sub> акимотоита/бриджманита, высоко-титанистого бриджманита, MgCr<sub>2</sub>O<sub>4</sub> с пост-шпинелевой структурой), предложены механизмы вхождения хрома, натрия и титана в глубинные минералы и показана зависимость их состава от давления.

- Установлена новая особенность геодинамического режима Земли. Построенные абсолютные палео-тектонические реконструкции для карбонатитов фанерозоя показали их связь с глобальной африканской областью разуплотнения мантии на границе нижней мантии и ядра (Tuzo). К этой же зоне приурочено большинство кимберлитов и крупных магматических провинций. Это подтверждает генетическую связь рассмотренных формаций. Наиболее тесная связь



с упомянутой мантийной неоднородностью наблюдается для древних карбонатитов, по сравнению с молодыми.

- Открыто 90 новых минеральных видов. На основе исследования титано-ниобо- и цирконо-силикатов, в том числе новых минералов, разработаны основы генетической кристаллохимии и классификации важных для геохимии аптаитовых пород и пегматитов, содержащие группы минералов эвдиалита, лабунцовита, илерита, лампрофиллита и др.

- За последние 5 лет, сотрудниками лаборатории было опубликовано 500 печатных работ, из них 241 статья, в том числе 199 - в ведущих российских и международных журналах списка ВАК и изданиях, индексируемых в базах данных «Сеть науки» (Web of Science) или «Скопус» (Scopus).

- За последние годы опубликовано 11 монографий.



# Лаборатория изотопной геохимии и геохронологии



## Заведующий

### Юрий Александрович Костицын

академик РАН, доктор геолого-минералогических наук

Тел. +7 (495) 939-52-24

[kostitsyn@geokhi.ru](mailto:kostitsyn@geokhi.ru)

[portal.geokhi.ru/Lab15](http://portal.geokhi.ru/Lab15)



## Основные направления исследований

- изучение элементного и изотопного состава мантии, причин возникновения её изотопной гетерогенности;
- изучение источников вещества и процессов формирования пород и руд;
- прецизионное датирование магматических, метасоматических и метаморфических событий, особое направление – геохронология древнейших пород земной коры;
- изучение термальной и ударной истории родительских тел метеоритов;
- изучение геохимии благородных газов, азота и углерода внеземного вещества;
- изучение фракционирования стабильных изотопов в природных системах, моделирование условий формирования рудной минерализации;
- развитие теории фракционирования стабильных изотопов; моделирование процессов фракционирования изотопов; оценка факторов фракционирования изотопов с использованием методов  $\gamma$ -резонансного рассеяния и неупругого рассеяния нейтронов;
- разработка аппаратуры и новых методических подходов для изотопно-геохимических и геохронологических исследований.

## Методы исследования

Изотопно-геохимические и геохронологические исследования с помощью Rb-Sr, Sm-Nd, U-Th-Pb, K-Ar изотопных систем различных горных пород, минералов и метеоритов, многоэлементный химический анализ методом ICP-MS и метод лазерной

абляции для U-Pb датирования и исследования химического состава минералов «*in situ*»; мульти-изотопный (He-Ne-Ar-N<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O) подход к исследованию флюидной фазы пород и минералов с применением метода ступенчатого дробления; комбинирование методов ступенчатого дробления и ступенчатого окисления при исследовании газовой фазы метеоритов.

## Международная кооперация

Лаборатория на протяжении многих лет сотрудничает с различными организациями и отдельными учёными разных стран. Проводились совместные исследования с Австралийским университетом Макуори в Сиднее (GEMOC ARC National Key Centre, Macquarie University, Sydney, Australia). В результате этих исследований установлена динамика роста континентальной земной коры на протяжении всей истории Земли.

Изучение ранней истории Земли, процессов формирования и стабилизации древнейшей земной коры проводится в сотрудничестве с Шведским Музеем естественной истории, г. Стокгольм (Laboratory for Isotope Geology, Swedish Museum of Natural History in Stockholm).

Многолетнее сотрудничество с Институтом наук о Земле Университета г. Хайделберг (Германия) — исследования метеоритов и земных пород <sup>40</sup>Ar-<sup>39</sup>Ar методом датирования, геохимия и космохимия благородных газов.

Сотрудничество с Открытым Университетом (г. Милтон Кинс, Соединённое королевство) — изотопные исследования углерода, азота и благородных газов в земном и внеземном веществе.

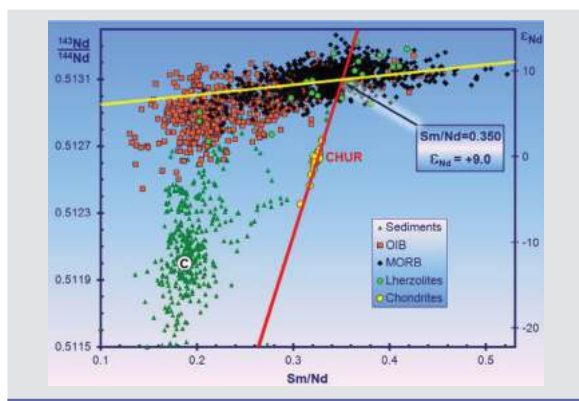
## Основные достижения

- Ю.А. Костицын, сопоставив результаты исследования короткоживущей <sup>182</sup>Hf-<sup>182</sup>W

Идею о необходимости создания изотопной лаборатории обсуждали В.И. Вернадский и его заместитель по Биогеохимической лаборатории (БИОГЕЛ) А.П. Виноградов ещё во время войны, задолго до появления ГЕОХИ. **Лаборатория была создана в 1949 году** и возглавил её А.В. Трофимов. С 1954 по 1975 гг. лабораторией заведовал академик А.П. Виноградов, с 1975 по 1977 гг. - член-корреспондент АН СССР А.И. Тугаринов, с 1979 по 2001 гг. - Ю.А. Шуколюков, а с 2002 года - академик РАН Ю.А. Костицын.

изотопной системы с данными по долгоживущей U-Pb изотопной системе для метеоритов и земного вещества, пришёл к выводу, что формирование ядра Земли могло быть длительным, продолжаться сотни миллионов лет.

• Ю.А. Костицын на основе обобщения большого количества изотопных данных ( $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ ,  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ,  $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ ) для мантийных пород установил, что состав примитивного (первичного) земного вещества отличался от состава хондритов.



• Е.В. Бибилова с сотрудниками провела анализ результатов исследований, как собственных для Украинского и Балтийского щитов, так и заимствованных из литературных источников, и показала, что в архее существовали, по крайней мере, три типа кратонов с различными возрастными рубежами в архейской истории. Согласно этим данным, Украинский щит аналогичен в своем развитии кратону Пилбара и Каапвальскому, в то время как Балтийский щит близок в эволюции к Провинции Супериор (Канада).

• Ю.А. Костицын обнаружил, что изотопная гетерогенность пород мантийного происхождения в Rb-Sr, Sm-Nd, Lu-Hf, U-Th-Pb системах статистически согласуется с их химической

гетерогенностью, которая, в свою очередь, обусловлена магматическими процессами в системе кора-мантия.

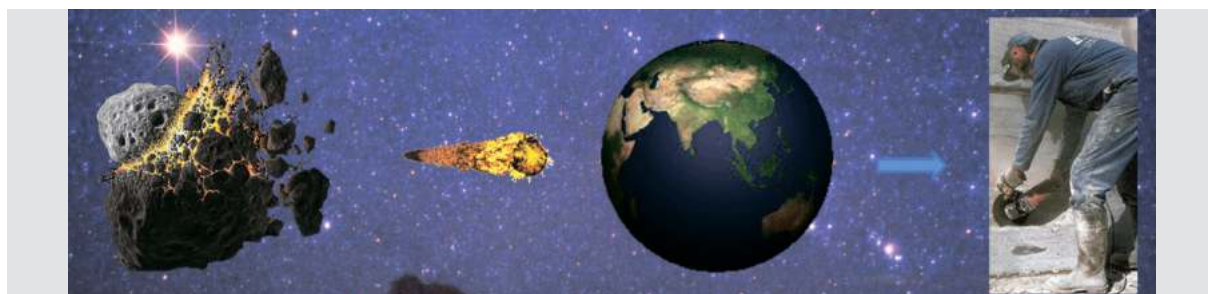
• В.Б. Поляков разработал методы измерения равновесного фракционирования изотопов по данным  $\gamma$ -резонансного рассеяния и оценил на этой основе масштабы равновесного фракционирования изотопов железа и олова.

• Совместно с лабораторией метеоритики впервые U-Pb методом по циркону проведено определение возраста лунного метеорита DHO FAR-1442 «*in situ*».

• А.И. Буйкиным и Ю.А. Невинным создан оригинальный аппаратный комплекс и методики, позволяющие проводить анализ микроколичеств газов из флюидных/газовых включений ( $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$  и благородные газы) в породах и минералах с применением метода ступенчатого дробления.

• Е.В. Корочанцева и А.И. Буйкин получили наиболее точную датировку времени катастрофического события ( $470 \pm 6$  млн. лет) на родительском теле L-хондритов. Возраст разрушения астероида совпал с уточненным стратиграфическим возрастом среднеордовикского ископаемых метеоритов ( $467.3 \pm 1.6$  млн лет), которые в течение нескольких сотен тысяч лет были доставлены из пояса астероидов на Землю. Это первое прямое геохронологическое подтверждение причинно-следственной связи двух событий, произошедших на двух разных крупных телах Солнечной системы.

• Е.В. Корочанцева и А.И. Буйкин впервые идентифицировали аргон, захваченный на астероиде – родительском теле L-хондритов – вследствие масштабного ударного события. В дальнейшем захваченный внеземной аргон был обнаружен и в метеоритах, выбитых с других астероидов.



# Лаборатория моделирования гидрогеохимических и гидротермальных процессов



## Заведующая

### Евгения Сергеевна Сидкина

кандидат геолого-минералогических наук

Тел.: +7 (499) 137-58-37

[SidkinaES@geokhi.ru](mailto:SidkinaES@geokhi.ru)

[portal.geokhi.ru/Lab16](http://portal.geokhi.ru/Lab16)



## Направления исследований

- Компьютерное моделирование геохимических процессов в системах «вода-порода-газ-органическое вещество».
- Разработка программного обеспечения и пополнение баз данных для компьютерного моделирования.
- Экспериментальное исследование гидротермальных систем.
- Минералого-геохимическое изучение рудообразующих гидротермальных систем.

## Методы исследования

- Термодинамическое и равновесно-кинетическое моделирование.
- Лабораторный физико-химический эксперимент.
- Минералогические исследования, изучение флюидных включений.

## Междисциплинарные исследования

Исследования проводятся на стыке химической термодинамики, кинетики, вычислительной математики, гидрогеохимии, геохимии гидротермальных процессов, геоэкологии и планетологии.

## Основные достижения последних лет

- Разработан программный комплекс GEOCHEQ\_Isotope для одновременного расчёта химических и изотопных (по углероду и кислороду) равновесий методом минимизации

энергии Гиббса. Согласно предложенному подходу энергия Гиббса  $G^*(P,T)$  образования редких изотопологов рассчитывается через энергию Гиббса образования основных изотопологов с учетом величин  $\beta$ -факторов этих веществ и соотношения масс изотопов редкого и основного изотопа химического элемента.

- Экспериментально обнаружен и исследован процесс самопроизвольной дистилляции водного раствора в закрытой системе. Дистилляция инициируется испарением тонкой пленки раствора на границе стенка-вода-пар и усиливается в присутствии гидрофильной шероховатой стенки. Она вызывает переотложение минералов на границе жидкой и паровой фаз и возобновление растворяющей способности раствора.

- Разработана равновесно-кинетическая модель для оценки эффективности подземного обезжелезнения и деманганизации вод на примере Тунгусского месторождения (г. Хабаровск).

- Проведена работа по пополнению базы данных GEOCHEQ информацией о термодинамических свойствах широкого спектра углеводородов. Проведено термодинамическое моделирование гидротермального преобразования осадочной породы, содержащей кероген, в интервале температур 50 - 400°C при постепенно повышающемся давлении.



Д.Х.Н.,  
К.Г.-М.Н.  
**Б.Н. Рыженко**  
Заведующий  
лабораторией  
с 1992 по 2015 гг.

**Лаборатория организована в 1992 г.** по инициативе акад. В.Л. Барсукова. Первый заведующий – д. х. н., к. г.-м. н. Б.Н. Рыженко (по 2015 г.). С 2015 по 2017 гг. лабораторией руководил к. г.-м. н. М.В. Мироненко.

В составе лаборатории 13 сотрудников, в том числе 2 доктора и 7 кандидатов наук.

Расчеты воспроизводят химическую направленность трансформации керогена, образования нефти и метаморфизма минеральной составляющей породы.

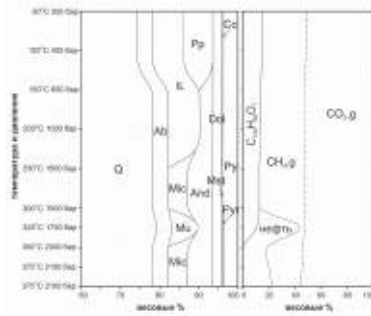
- Проведено обобщение физико-химических параметров формирования гидротермальных месторождений различных элементов на основе базы данных по флюидным и расплавленным включениям в минералах.

- Сделаны прогнозные оценки воздействия разработки рудных месторождений на природные воды на примере Павловского

полиметаллического месторождения, крупнейшего месторождения Удокан, созданы модели формирования кислотного дренажа сульфидсодержащих золоторудных месторождений.

- Изучен химический состав коренных пород и отвалов, а также природных вод ряда исторических выработок Питкярантского рудного района. Ведется работа по оценке воздействия этих объектов на природные воды района методами термодинамического и равновесно-кинетического моделирования.

Модель преобразования кероген-содержащей породы при повышении T и P



Создана модель химической трансформации керогена и образования нефти при повышении температуры (6). Нефть образуется при более высоких температурах, чем в природе (ГФН). Рассчитанные T соответствуют условиям получения нефти в экспериментах. Преобразования минеральной составляющей породы (a) соответствуют природным фациям метаморфизма.

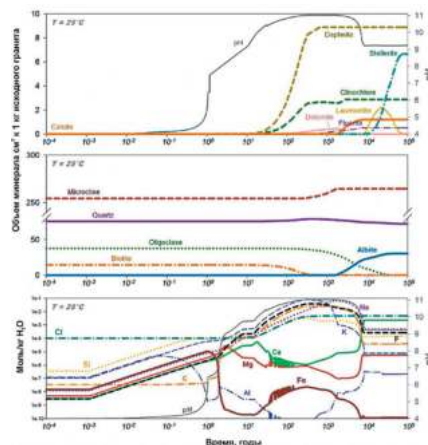
Необратимая эволюция системы вода-порода: расчет серии последовательных частичных равновесий



Равновесно-кинетическое моделирование используется для решения прикладных задач:

- оценка масштабов кислотного дренажа при разработке рудных месторождений;
- прогноз состава шахтных и подотвальных вод;
- прогноз взаимодействия жидких отходов с породами при подземных закачках;
- оценка эффективности деманганации и обезжелезнения вод в пластовых условиях.

Взаимодействие гранита с водой: результаты равновесно-кинетического моделирования.



Модель описывает саморегулирующиеся в зависимости от состава раствора скорости растворения минералов, рассчитывает последовательность (стадийность) образования и возможного растворения вторичных минералов, а также эволюцию химического состава воды в процессе ее взаимодействия с породой, то есть адекватно воспроизводит процесс необратимой эволюции системы вода-порода в масштабе приведенного времени.

## Лаборатория геохимии мантии Земли



### Заведующий

### Олег Александрович Луканин

доктор геолого-минералогических наук

тел.: +7 (499) 137-30-55

[lukanin@geokhi.ru](mailto:lukanin@geokhi.ru)

[portal.geokhi.ru/Lab17](http://portal.geokhi.ru/Lab17)



### Основные направления экспериментальных и теоретических исследований

- Поведение летучих компонентов С, N, H, O и др. на ранних этапах эволюции Земли при ее плавлении и сегрегации металлического ядра планеты.
- Влияния импактных процессов на химическую дифференциацию планетного вещества.
- Изучение механизмов сегрегации силикатного расплава, сульфидной и металлической фаз в зонах частичного плавления, ведущей к образованию металлического ядра Земли, Луны и других планетных тел.
- Фракционирование летучих, литофильных и рудных элементов при дегазации магм.
- Изучение фазовых равновесий в мантии с участием высокобарических минеральных фаз.

### Методы

Для проведения экспериментальных исследований лаборатория располагает следующим оборудованием:

- установки высокого давления твердого сжатия для опытов до 25 кбар и 1500°C, а также до 70 кбар и 1700°C (а);

- высокотемпературная установка с регулируемым режимом кислорода и водорода для изучения редокс реакций в силикатных системах при 1 атм и температурах до 1450°C (б);

- высокотемпературная установка с твердыми электрохимическими ячейками для измерения собственной  $fO_2$  минеральных фаз;

- высокотемпературная центрифуга для изучения динамического разделения силикатных расплавов, кристаллов; металлических и сульфидных фаз (в).

На базе лаборатории совместно с кафедрой петрологии геологического факультета МГУ им. М.В.Ломоносова организован Научно-образовательный центр «Экспериментальное моделирование магматических и минеральных равновесий, синтез минералов» для обучения магистрантов и аспирантов современным методам изучения минеральных равновесий при высоких Р и Т.

Лаборатория является одним из организаторов Всероссийского ежегодного семинара по экспериментальной минералогии, петрологии и геохимии (проводится с 1960 года) и Международной конференции «Физико-химические и петрофизические исследования в науках о Земле» (проводится с 1999 года).



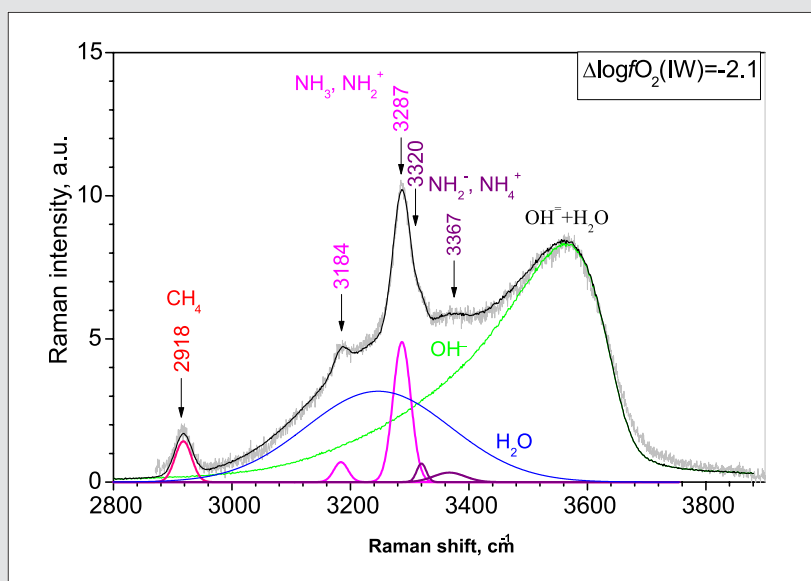
**Лаборатория основана член-корр. АН СССР Н.И. Хитаровым в 1953 г.** для экспериментального и теоретического изучения геохимических процессов при высоких РТ-параметрах. С 1985 по 2016 г. лабораторию возглавлял доктор геол.-мин.наук, профессор А.А. Кадик. В настоящее время в ее составе 14 чел., из них 2 дгмн., 1 дхн., 2 кхн., 1 кгмн. и 1 кфмн.

## Главные достижения лаборатории последних лет

- Экспериментально показано, что крупномасштабное плавление и сегрегация металлического ядра планеты сопровождается образованием в силикатных расплавах молекул и комплексов  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2$  при подчиненных количествах  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{CO}_2$ . Это позволяет рассматривать ранний магматический перенос C-N-Нлетучихкомпонентов планеты в качестве эндогенного источника газовых компонентов ранней восстановленной атмосферы Земли (науч. рук. дгмн, проф. А.А.Кадик, дгмн О.А.Луканин).
- Предложена модель влияния импактно-го плавления и испарения на окислительно-восстановительное состояние силикатного вещества Земли и содержание в нем воды (науч. рук. дгмн О.А.Луканин).
- Используя методы высокотемпературного центрифугирования установлена возможность сегрегация железа и сульфидных фаз при частичном плавлении и деформации вещества протомантии Луны в условиях низких значений летучести кислорода (науч. рук. дхн Е.Б.Лебедев).

- Разработана компьютерная модель поведения летучих ( $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Cl}$ ), рудных ( $\text{Zn}$ ,  $\text{Pb}$ ) и редкоземельных элементов в процессе дегазации гранитоидных магм, при их подъеме к поверхности и кристаллизации, которая дает возможность количественно оценить масштабы выноса этих элементов из магматических расплавов в процессе их дегазации на разных глубинах (науч. рук. дгмн О.А.Луканин).

- Разработаны критерии алмазообразующей эффективности мантийных расплавов, впервые в мировой практике проведен синтез богатых натрием мейджорита, рингвудита и бриджманита и установлены условия их магматической кристаллизации. При параметрах верхней мантии и переходной зоны Земли выявлены диапазоны условий и состава для ряда водосодержащих фаз – потенциальных концентраторов щелочей (фазы Egg, X и В). Впервые доказана стабильность железосодержащего бриджманита во всем диапазоне глубин нижней мантии Земли (науч. рук. дгмн, проф. А.В. Бобров).



Молекулы и комплексы N-C-H-O компонентов в силикатных расплавах  $\text{FeO-Na}_2\text{O-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ , равновесных с металлической фазой (Fe-Si) при 4 ГПа и 1550°C, согласно Раман- спектроскопии стеклов ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NH}_2^+$ ,  $\text{NH}_2^-$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{OH}^-$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ )



## Лаборатория геохимии наночастиц



### Заведующий

#### Петр Сергеевич Федотов

доктор химических наук

тел.: (499) 137-41-27

[fedotov\\_ps@mail.ru](mailto:fedotov_ps@mail.ru)

[portal.geokhi.ru/Lab18](http://portal.geokhi.ru/Lab18)



### Основные направления исследований

- разработка новых комбинированных методов фракционирования, характеристики и анализа нано/микрочастиц и растворимых компонентов объектов окружающей среды для решения задач геохимии, почвоведения и экологического мониторинга;
- изучение размера, морфологии и химического состава наночастиц и нановключений минералов в горных породах и объектах окружающей среды;
- изучение устойчивости и подвижности наночастиц в водных системах;
- разработка стандартных образцов природных наночастиц;
- изучение закономерностей распределения химических элементов между различными органоминеральными фазами почв различного типа;
- изучение роли импактных событий при формировании и эволюции вещества Земли и Луны высоколокальными методами электронной микроскопии.

### Методы исследования

- методы фракционирования частиц (проточное фракционирование в поперечном силовом поле, мембранная фильтрация, седиментация);
- динамическое фракционирование форм элементов в почвах и донных отложениях с использованием вращающихся спиральных колонок и микроколонок;
- динамическое и статическое светорассеяние;

- капиллярный электрофорез;
- масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой (в том числе в режиме анализа единичных частиц);
- электронная микроскопия.

### Междисциплинарные исследования

Исследования проводятся на стыке геохимии, почвоведения и аналитической химии.

### Международное сотрудничество

Петр Сергеевич Федотов является членом Бюро и Отделения «Химия и окружающая среда» Международного союза теоретической и прикладной химии (ИЮПАК). Сотрудники лаборатории проводят совместные исследования с зарубежными коллегами и имеют множество публикаций с учеными из Франции, Германии и Испании.

### Основные достижения сотрудников лаборатории за последние годы

- Разработан комплексный подход к изучению наночастиц сложных полидисперсных объектов окружающей среды, таких как пыль и вулканический пепел (*Ермолин и др., Журнал аналитической химии 2017, Т. 72, №5, С. 448-461*);
- впервые выделены и количественно проанализированы наночастицы вулканических пеплов; показано, что концентрация токсичных и потенциально токсичных металлов и металлоидов в наночастицах вулканического пепла в десятки и сотни раз превышает их общую концентрацию в пепле (*Ermolin et al, Chemosphere 2018, V. 200, 16-22*);

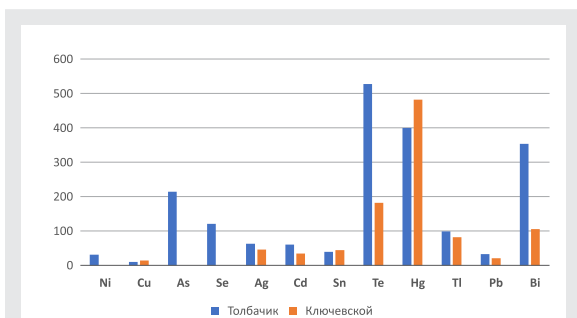
**Лаборатория создана в 2019 году** Петром Сергеевичем Федотовым для решения задач нового научного направления – наногеохимии.

В настоящее время в лаборатории работают 11 научных сотрудников, в том числе 3 доктора и 4 кандидата наук, а также 2 аспиранта.



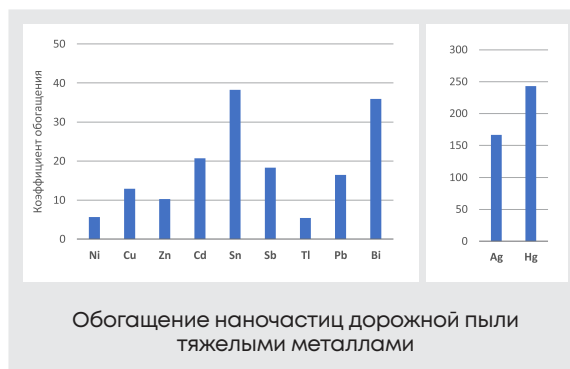
- установлено, что токсичные и потенциально токсичные элементы в наночастицах вулканического пепла могут находиться как в адсорбированном виде на пирокластических наночастицах, так и в виде отдельных наночастиц (*Ermolin et al, Chemosphere 2021, V. 281*);

- показано, что наночастицы вулканического пепла обладают высокой агрегационной устойчивостью в модельных поверхностных водах и, следовательно, обладают высоким потенциалом для транспорта токсичных и питательных элементов на большие расстояния в водных экосистемах (*Ermolin et al, Environmental Chemistry Letters 2021, V. 19, P. 751-762*);



Обогащение наночастиц вулканического пепла токсичными металлами и металлоидами

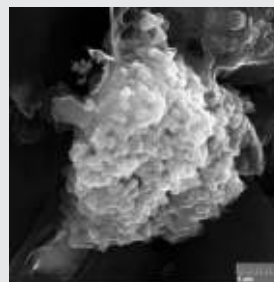
- впервые показано, что наночастицы городской пыли способны аккумулировать токсичные и потенциально токсичные элементы, содержание которых в наночастицах может быть в десятки и сотни раз выше, чем их валовое содержание в пыли (*Fedotov et al, Talanta 2014, V. 130, P. 1-7*);



- установлено, что вклад наночастиц в загрязнение городских сточных вклад тяжелыми металлами сопоставим с вкладом водорастворимых фракций тяжелых металлов (*Ermolin et al, Chemosphere 2018, V. 210, P. 65-75*);

- показано, что металлоорганические комплексы играют основную роль при связывании редкоземельных элементов в почвах (*Fedotov et al, Environmental Chemistry 2019, V. 16, P. 323-332*);

- обнаружено 105 новых для Луны минеральных фаз, из которых 43 впервые найдены в природных условиях (*Мохов и др., Кристаллография 2021, Т. 66, №4, С. 610-618*).



Импакт. Конденсатное стекло.

## Лаборатория кристаллохимии



### Заведующий

### Артем Ромаевич Оганов

доктор физико-математических наук, профессор РАН

Тел: +7(909)-940-8021

Email: [a.r.oganov@mail.ru](mailto:a.r.oganov@mail.ru)

<http://uspex-team.org>

[portal.geokhi.ru/Lab19](http://portal.geokhi.ru/Lab19)



#### Основная цель исследований:

- Предсказание структуры и свойств молекул, наночастиц и кристаллических фаз (в том числе при высоких давлениях) для установления геохимического поведения элементов, а также понимания состава, строения и эволюции планетных недр.

Для решения этих задач мы разрабатываем новые методы моделирования, которые также применимы для предсказания новых материалов с ценными свойствами.

#### Методы:

- Квантовомеханические расчеты (в частности, на основе теории функционала плотности).
- Искусственный интеллект в химии (эволюционные алгоритмы для предсказания структур, методы машинного обучения).
- Методы молекулярной динамики и динамики решетки.
- Мы активно развиваем новые методы – в особенности методы предсказания структуры молекул, наночастиц и кристаллов (программа USPEX). Эти методы требуют применения современных суперкомпьютеров.

#### Основные результаты последних лет:

- Уточнение понятий классической кристаллохимии. В частности, создана новая шкала электроотрицательности (*Tantardini,*

*Oganov, Nature Materials 2021*). Также определены электроотрицательности элементов под давлением и для ряда элементов показано кардинальное изменение химических и геохимических свойств (*Dong et al., Proc. Natl. Acad. Sci., 2022*). Дана физическая интерпретация так называемых «менделеевских чисел» (*Allahyari, Oganov, J. Phys. Chem. C, 2020*).

- Создан метод предсказания структуры и состава стабильных наночастиц и молекул, введено понятие карт стабильности молекул (*Lepeshkin et al., J. Phys. Chem. Lett., 2019*). Разные типы химических систем имеют разную топологию карт стабильности – часто можно выделить «моря нестабильности», «хребты стабильности» и «острова стабильности». Часто стабильными оказываются молекулы с неожиданными составами.

- Создана программа AICON (Ab Initio CONductivities) для расчета теплопроводности кристаллических веществ (*Fan, Oganov, Computer Physics Communications, 2021*). В частности, было показано, что минералы нижней мантии Земли обладают низкими теплопроводностями, что позволяет сохранять очень большой градиент температур близ границы ядро-мантия.

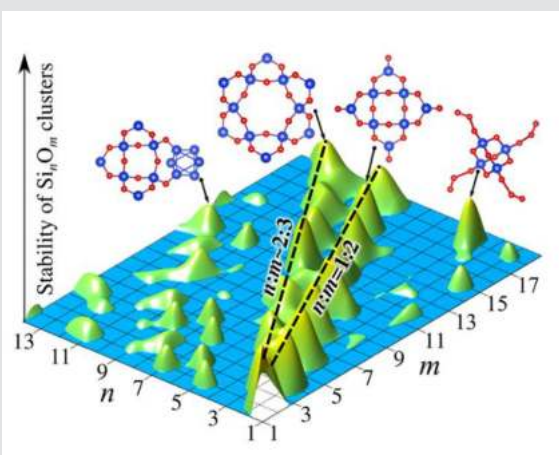
- Теоретически изучено поведение важнейшей системы C-N-H-O при давлениях недр планет Уран и Нептун (*Naumova et al., J. Phys. Chem. A., 2021*) и было показано неизбежное образование алмаза в недрах обеих планет.

Лаборатория кристаллохимии была в составе ГЕОХИ с 1956 по 2008 гг. Создателем и первым руководителем лаборатории (с 1957 г.) был доктор химических наук, профессор Е.С. Макаров, затем лабораторией руководил академик РАН В.С. Урусов (с 1981 по 2008 гг.) Лаборатория восстановлена в 2021 г. и возглавляется профессором РАН А.Р. Огановым, доктором физико-математических наук, членом Европейской Академии, действительным членом (Fellow) Королевского Химического общества, Американского Физического общества, Минералогического общества Америки.

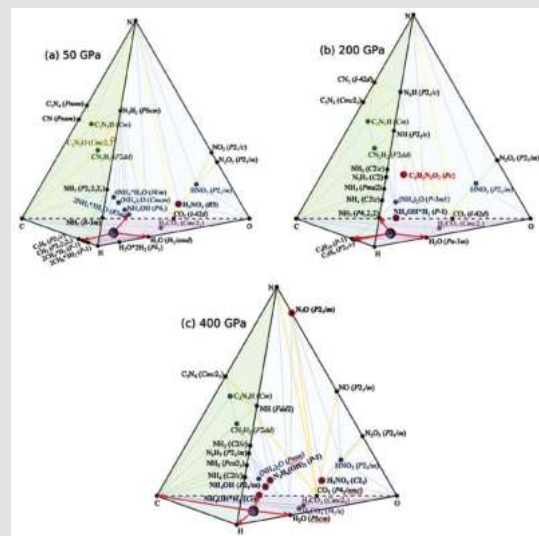
В настоящее время в лаборатории работают 4 сотрудника, в том числе 1 доктор наук и 3 кандидата наук.

1	1A	H	3.04	2	2A	He	4.42																																																																					
2	Li	2.17	Be	2.42	3	3A	B	3.04	4	4A	C	3.15	5	5A	N	3.56	6	6A	O	3.78	7	7A	F	4.00	8	8A	Ne	4.44																																																
3	Na	2.15	Mg	2.39	9	9A	K	2.07	10	10A	Ca	2.20	11	11A	Sc	2.35	12	12A	Ti	2.23	13	13A	V	2.08	14	14A	Cr	2.12	15	15A	Mn	2.20	16	16A	Fe	2.32	17	17A	Co	2.34	18	18A	Ni	2.32	19	19A	Cu	2.86	20	20A	Zn	2.26	21	21A	Ga	2.43	22	22A	Ge	2.79	23	23A	As	3.29	24	24A	Se	3.26	25	25A	Br	3.35	26	26A	Kr	3.32
4	Rb	2.07	Sr	2.13	27	27A	Y	2.52	28	28A	Zr	2.05	29	29A	Nb	2.59	30	30A	Mo	2.47	31	31A	Tc	2.82	32	32A	Ru	2.68	33	33A	Rh	2.65	34	34A	Pd	2.70	35	35A	Ag	2.88	36	36A	Cd	2.36	37	37A	In	2.29	38	38A	Sn	2.68	39	39A	Sb	3.05	40	40A	Te	3.14	41	41A	I	3.20	42	42A	Xe	3.09								
5	Cs	1.97	Ba	2.02	43	43A	Hf	2.01	44	44A	Ta	2.32	45	45A	W	2.42	46	46A	Re	2.59	47	47A	Os	2.72	48	48A	Ir	2.79	49	49A	Pt	2.98	50	50A	Au	2.81	51	51A	Hg	2.92	52	52A	Tl	2.26	53	53A	Pb	2.62	54	54A	Bi	2.99	55	55A	Po	2.77	56	56A	At	2.91	57	57A	Rn	2.96												
6	Fr	2.01	Ra	2.12	58	58A	Rf	2.27	59	59A	Db	2.38	60	60A	Sg	2.51	61	61A	Bh	2.48	62	62A	Hs	2.52	63	63A	Mt	2.66	64	64A	Ds	2.73	65	65A	Rg	2.83	66	66A	Cn	3.03	67	67A	Nh	2.49	68	68A	Fl	2.57	69	69A	Mc	2.21	70	70A	Lv	2.42	71	71A	Ts	2.61	72	72A	Og	2.59												
7	La	2.49	Ce	2.61	Pr	2.24	Nd	2.11	Pm	2.24	Sm	1.90	Eu	1.81	Gd	2.40	Tb	2.29	Dy	2.07	Ho	2.12	Er	2.02	Tm	2.03	Yb	1.78	Lu	2.68																																														
	Ac	2.21	Th	2.62	Pa	2.36	U	2.45	Np	2.36	Pu	2.27	Am	2.31	Cm	2.32	Bk	2.21	Cf	2.26	Es	2.31	Fm	2.36	Md	2.40	No	2.20	Lr	2.22																																														

Шкала электроотрицательностей Тантардини-Оганова



Карта стабильности молекул Si-O



Предсказанная фазовая диаграмма системы C-N-O при высоких давлениях



## Заведующий

### Вячеслав Сергеевич Севастьянов

доктор технических наук

+7 (499) 137-59-49

[vsev@geokhi.ru](mailto:vsev@geokhi.ru)

[portal.geokhi.ru/Lab51](http://portal.geokhi.ru/Lab51)



#### Основные направления исследований:

- генезис углеродосодержащих природных веществ - нефти, газов, алмазов, графита и др.;
- геохимия изотопов углерода;
- теория биологического и органического фракционирования изотопов;
- закономерности преобразования органического вещества от живых к ископаемым формам;
- морские исследования;
- эволюция биосферы;
- происхождение жизни и ранняя история Земли.

Методической основой исследований является изучение вещества на изотопном и молекулярном уровнях. Изотопный подход позволяет взаимосвязано изучить столь удаленные по своей природе и происхождению вещества как алмазы, нефть, карбонаты, метеориты. Молекулярный уровень позволяет разобраться в химической истории сложных комплексов, которыми представлено в природе биогенное органическое вещество и его производные.

#### Методы исследования

- Масс-спектрометрия изотопных отношений;
- газовая и жидкостная хромато-масс-спектрометрия;
- газовая и жидкостная хроматография;
- CHNO-элементный анализ и приролиз.

#### Основные достижения последних лет

- Проведенные эксперименты по сферически - симметричному коллапсу кавитационных пузырьков в водных растворах изопропилового спирта с использованием гидроудара подтвердили возможность кавитационного синтеза алмазов в природных флюидах. Показано, что при кавитации происходит образование наноразмерных зерен алмаза, покрытых ГЦК-углеродом при инициации гидроударом, за короткое время (2-3 нс) можно достичь повышения температуры в кавитационной полости до 2 - 3 тыс. градусов Цельсия и увеличения давления до 5 ГПа, что обеспечивает термодинамические условия генезиса алмазной фазы из углеродсодержащих молекулярных фрагментов.

- В рамках экспериментальной проверки разработанной академиком Э.М. Галимовым динамической модели формирования Луны и Земли как двойной системы из общего облака испаряющихся частиц проведен анализ изотопного состава железа образцов советских лунных миссий Луна-16, 20 и 24. Показано, что образцы из региона посадки Луна-24, представленные базальтами с очень низким содержанием титана (very low-Ti basalts), имеют  $\delta^{57}\text{Fe} = 0.08 \pm 0.04\%$ . Этот изотопный состав, отражающий наименее дифференцированный расплав лунного магматического океана, идентичен земному валовому изотопному составу железа, что подтверждает модель общего резервуара первичного вещества.

- Создана общая модель образования алмаза в природе. Показано, что алмаз является полигенным минералом. Он может кристаллизоваться как в результате высоких температур и давлений, реализуемых при образовании кимберлитов и лампроитов, так и в

**Лаборатория была создана в 1973 году** академиком РАН Э.М. Галимовым. С 1 февраля 2017 г. ее возглавляет д.т.н. В.С. Севастьянов.

В составе лаборатории 16 научных сотрудников. Из них 1 член-корр. РАН, 1 доктор наук, 5 кандидатов наук.

«метастабильных» условиях, отличных от равновесных термодинамических параметров. В частности, недавно обнаруженные микроалмазы вулкана Толбачик на Камчатке образовались в процессе извержения, в условиях давлений, близких к атмосферному, при реализации механизма химического осаждения из газовой фазы.

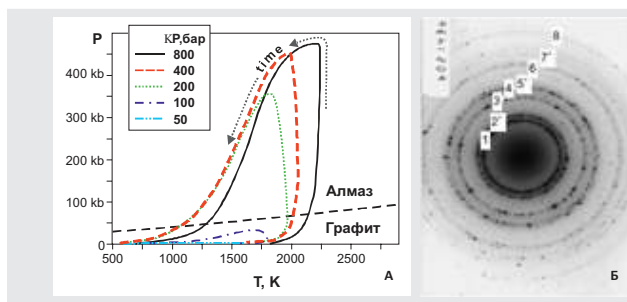


- Изучены основные закономерности распределения углеводородных газов ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_6$ ,  $\text{C}_3\text{H}_6$ ,  $\text{C}_3\text{H}_8$ ,  $\text{C}_4\text{H}_8$ ,  $n\text{-C}_4\text{H}_{10}$ ,  $i\text{-C}_4\text{H}_{10}$ ,  $n\text{-C}_5\text{H}_{12}$ ,  $i\text{-C}_5\text{H}_{12}$ , нео- $\text{C}_5\text{H}_{12}$ ),  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CH}_3\text{SCH}_3$ ,  $\text{COS}$  в вертикальном разрезе морских осадков моря Лаптевых и Карского моря. Показано, что содержание углеводородных (УВ) газов зависит от степени трансформации органического вещества (ОВ) в морских осадках. Концентрация УВ газов возрастала в области повышенной концентрации  $\text{CH}_3\text{SCH}_3$ , а концентрация  $\text{COS}$  уменьшалась. Был сделан вывод, что сипы образуются в результате миграции углеводородных газов термогенного (катагенетического) генезиса с больших глубин в области сочленения Лаптевоморской рифтовой системы с Хатангско-Ломоносовской зоной разлома.

- Гидротермальное преобразование ОВ можно рассматривать, как один из основных методов моделирования катагенеза. Было обнаружено, что после нескольких последовательных циклов гидротермального извлечения «синтетической» нефти (термолизата) из нефтематеринской породы доманикового отложения средне-франского яруса верхнего отдела девонской системы происходит смещение общего изотопного состава углерода в сторону увеличения  $\delta^{13}\text{C}$ . При этом сохраняется подобие ИФХ между полученными «синтетическими» нефтями и битумоидами из породы, наравне с ИФХ нефти опорного разреза доманиковой свиты.

## Междисциплинарные исследования

- Подписано Соглашение о научном сотрудничестве между ГЕОХИ РАН и Государственным историческим музеем о научно-техническом сотрудничестве.
- Совместная работа с отделом планетных исследований и космохимии по гранту РФ «Генезис и геохимия лунного вещества и перспективы использования лунных ресурсов».
- Совместная работа с Ассоциацией «Русский Регистр» по разработке нового метода синтеза наночастиц углерода.
- Подписан Договор о научно-техническом сотрудничестве с Центральным научно-исследовательским геологоразведочным институтом цветных и благородных металлов (ФГБУ ЦНИГРИ) о комплексном исследовании природных алмазов из различных месторождений, находящихся в коллекции ФГБУ ЦНИГРИ.
- Подписано Соглашение о научно-техническом сотрудничестве с Институтом природно-технических систем о проведении натурных исследований по синтезу белковых микросфер в морской акватории.



А - термодинамические условия генезиса алмазной фазы из углерода.  
Б - электронная дифрактограмма с рефлексами кристаллической решетки



В настоящее время в аналитический отдел входят семь лабораторий. Основные фундаментальные и прикладные исследования направлены на:

- развитие теоретических основ аналитической химии и радиохимии;
- поиск и разработку принципиально новых подходов для химического анализа, методов разделения и определения веществ органической и неорганической природы, а также радионуклидов;
- разработку новых приборов, методик анализа, отличающихся высокими метрологическими характеристиками;
- расширенное применение методов вычислительной математики и статистики для повышения информативности химического анализа и прогностического моделирования;
- проведение анализа без использования стандартных образцов;
- обеспечение метрологической обоснованности результатов химического анализа;
- интеллектуализацию системы химического анализа и развитие экспертных систем химического анализа.



Руководитель отдела  
д.х.н.  
С.Е. Винокуров

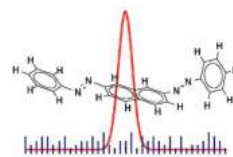
В лабораториях отдела успешно развивается как валовый, так и локальный анализ, большое внимание уделяется вопросам вещественного анализа, новым методам определения органических соединений для задач биомедицины, контроля окружающей среды и др.

В фокусе внимания - проблемы анализа и переработки стратегического сырья и материалов (ядерные материалы, редкоземельное сырье, и др.).

Успешно развиваются технологические направления: безопасное хранение и утилизация радиоактивных отходов, переработка облученного ядерного топлива, получение концентрированных жидких удобрений, переработка нефтяного сырья и др.



## Лаборатория инструментальных методов и органических реагентов



### Заведующий

**Александр Анатольевич Гречников**

доктор химических наук

Тел.: +7 (499) 137-48-52

[grechnikov@geokhi.ru](mailto:grechnikov@geokhi.ru)

[portal.geokhi.ru/Lab01](http://portal.geokhi.ru/Lab01)



### Основные направления исследований

- Разработка новых подходов к масс-спектрометрическому определению органических и биоорганических соединений с использованием импульсного лазерного излучения и создание на этой основе нового поколения аналитического оборудования для высокочувствительного определения биологически активных соединений.
- Развитие методов концентрирования, разделения и определения ионов металлов по реакциям с органическими реагентами на твердой фазе и создание новых аналитических систем для многоэлементного определения металлов спектрофотометрическим, рентгеноспектральным и масс-спектрометрическим методами.
- Развитие люминесцентного метода анализа для определения следовых количеств актинидов в объектах окружающей среды и разработка нового аппаратного обеспечения метода.

### В лаборатории разрабатываются следующие методы анализа:

- Спектрофотометрия диффузного отражения.
- Люминесценция кристаллофосфоров, активированная актинидами.
- Пьезосорбционный метод.
- Лазерная масс-спектрометрия.

### Междисциплинарные исследования

Работы лаборатории имеют междисциплинарный характер и объединяют исследования в области аналитической химии, биоорганической химии, лазерной физики и физической химии.

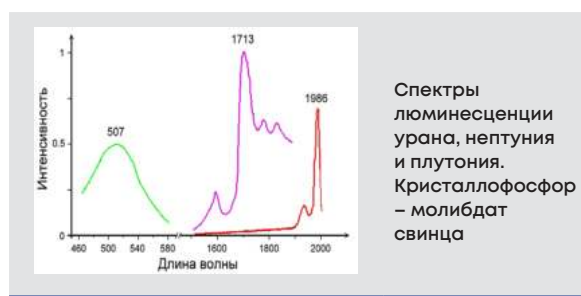
### Основные достижения последних лет

- Детально исследованы аналитические возможности полиакрилонитрильных волокнистых материалов, наполненных тонкодисперсными ионообменниками, для концентрирования и последующего сорбционно-спектрометрического определения катионов металлов, анионов и органических соединений. Разработан комплекс простых экспрессных методик определения металлов (Zr, Ni, W, Mo, Ti, Cr, V, Cu и ряда других) в природных, питьевых и очищенных сточных водах методом спектрометрии диффузного отражения или тест-методом. Исследованы особенности применения сорбционно-спектрометрического метода для количественного анализа пищевых продуктов и биологических жидкостей, разработаны способы определения марганца в порошке какао и меди в моче. Разработаны методики определения салициловой, малоновой и аскорбиновой кислот с детектированием на твердой фазе в виде комплексных соединений с катионами металлов.
- Изучены сорбционные свойства высокомолекулярных гидрогелей на основе акриламида для определения металлов и органических соединений в водных объектах спектрометрическими методами. Предложен способ определения ионов металлов, основанный на сорбционном концентрировании элементов гидрогелями и последующем прямом анализе сорбента методом рентгенофлуоресцентного анализа.
- Разработаны пьезосорбционные химические сенсоры для определения паров бензинов в воздухе (совместно с Институтом физики твердого тела Болгарской академии наук). Создан генератор микропотока органических соединений на основе массочувствительных кварцевых пьезорезонаторов.

**Лаборатория образована в 2009 г.** в результате объединения лаборатории прецизионного аналитического приборостроения и лаборатории органических реагентов. Продолжая традиционные и развивая новые научные направления, лаборатория решает задачи разработки инструментальных методов получения и регистрации аналитических сигналов в различных областях химического анализа.

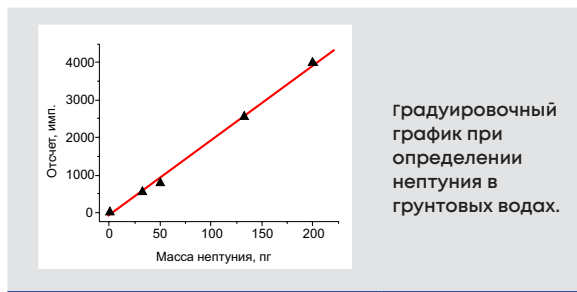
В настоящее время в лаборатории работают 10 сотрудников, в том числе 1 доктор и 5 кандидатов наук.

- Созданы высокочувствительные люминесцентные анализаторы для определения актинидов в почвах и природных водах. Принцип действия анализаторов основан на использовании активированной актинидным элементом люминесценции кристаллофосфоров. При испытаниях анализатора непутия предел определения в синтетических грунтовых водах составил 0,3 пг.

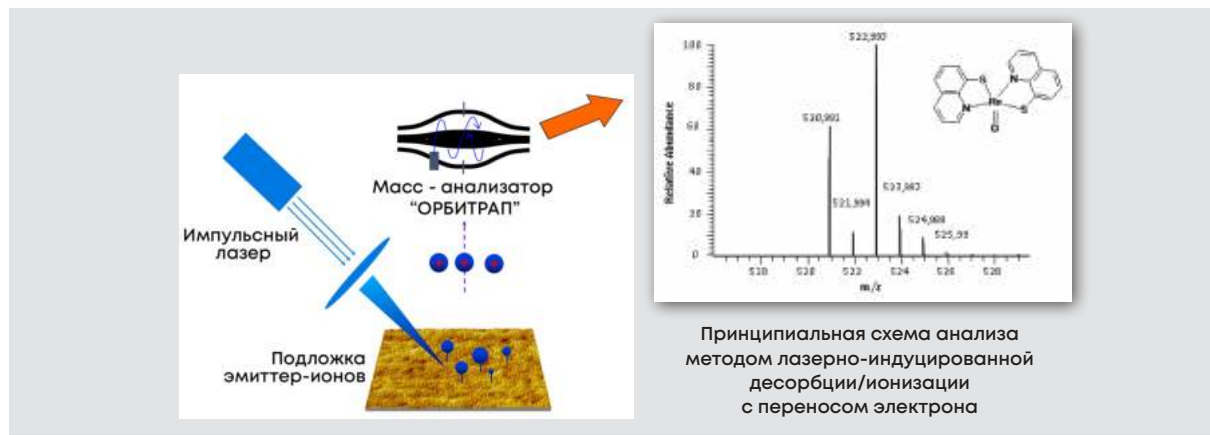


- Разработана общая методология количественного определения органических соединений методом лазерной десорбции/ионизации, активированной кремниевой поверхностью. Предложена модель ионизации с переносом протона, созданы новые кремниевые материалы, обеспечивающие высокую воспроизводимость и чувствительность анализа. Разработана технология и созданы способы масс-спектрометрического определения летучих органических соединений в различных объектах, основанные на сочетании лазерной десорбции/ионизации с термодесорбционным методом и газовой хроматографией. Предложены подходы к дальнейшему развитию метода, позволяющие улучшить его метрологические характеристики и расширить число определяемых химических соединений.

- Разработан новый метод мягкой ионизации комплексных соединений металлов путем лазерно-индуцированной десорбции/ионизации с переносом электрона на специально подготовленных поверхностях оксидов металлов. Показано, что разработанный метод применим для высокочувствительного определения комплексов металлов с биолигандами, лекарственных соединений с противоопухолевой активностью, а также металлов в виде их комплексов с органическими реагентами.



- Разработан новый метод масс-спектрометрического анализа, основанный на использовании излучения лазерно-индуцированной плазмы для ионизации химических соединений при атмосферном давлении (совместно с Институтом общей физики Российской академии наук). Исследованы аналитические возможности метода для анализа газообразных, жидких и твердых образцов без предварительной пробоподготовки. Предложены способы экспресс-анализа лекарственных препаратов, скрининга токсичных веществ в жидких пищевых продуктах, on-line анализа атмосферы и построения масс-спектрометрических изображений распределения органических соединений в биологических материалах.



## Лаборатория концентрирования



### Заведующая

### Татьяна Анатольевна Марютина

доктор химических наук

Тел.: +7 (495) 939-78-38

[maryutina@geokhi.ru](mailto:maryutina@geokhi.ru)

[portal.geokhi.ru/Lab02](http://portal.geokhi.ru/Lab02)



### Основные направления исследований

- Развитие методов разделения, фракционирования и концентрирования веществ и частиц различной природы из техногенных и природных объектов.

- Создание новых установок для реализации и интенсификации методов концентрирования и разделения на стадии пробоподготовки веществ органической и неорганической природы.

- Разработка новых подходов и материалов для реализации методов твердофазной, жидкость-жидкостной, сверхкритической флюидной экстракции, противоточной хроматографии и др.

- Получение новых типов армированных трековых мембран с улучшенными свойствами путем химического, механического и «геометрического» модифицирования для последующего использования в анализе природных вод.

- Разработка и развитие аналитической методологии изучения биотрансформации и механизма действия металлосодержащих терапевтических препаратов.

- Разработка научных основ технологических процессов сольвентной деасфальтизации высоковязких нефтей и тяжелых нефтяных остатков.

- Инженерные разработки в области создания оборудования для масштабирования процессов разделения.



Академик  
**Ю.А.Золотов**  
Заведующий лабораторией с 1971 по 1988

### Методы исследования

- Магнитная твердофазная экстракция с использованием синтезированных и модифицированных наночастиц различной природы: магнитных наночастиц на основе магнетита, ферритов магния, кобальта, неодима, смешанных оксидов металлов, частиц на основе силикагеля, титана.

- Сорбционные методы разделения и концентрирования в суспензионных колонках.

- Применение вращающихся спиральных колонок (ВСК) для разделения и концентрирования элементов и их форм из различных образцов: от особо чистых веществ до нефтяного сырья.

- Сверхкритическая флюидная экстракция для выделения и асфальтенов и элементов из тяжелого нефтяного сырья; для фракционирования нефти на отдельные узкие фракции за счет изменения состава сверхкритического флюида.

### Основные достижения

Впервые в мире:

- разработана теория обменной экстракции хелатов;

- предложен и изучен принципиально новый класс металлоорганических экстрагентов;

- предложено использование жидкостной хроматографии со свободной

**Лаборатория создана в 1971 году** как лаборатория экстракционных методов членом-корреспондентом, впоследствии академиком Ю.А. Золотовым. С 1989 г. лабораторией, переименованной в лабораторию концентрирования, заведовал член-корреспондент РАН, профессор Б.Я. Спиваков, с 2016 г. – д.х.н. Т.А. Марютина. За время своего существования лабораторией внесен огромный вклад в создание общей методологии концентрирования микроэлементов и разработку новых материалов и методов разделения и концентрирования (экстракционных, сорбционных, фильтрационных, мембранных, капиллярного электрофореза, противоточной хроматографии и др.) различных веществ из объектов окружающей среды, техногенных растворов, геологических образцов, лекарственных препаратов и продуктов питания.

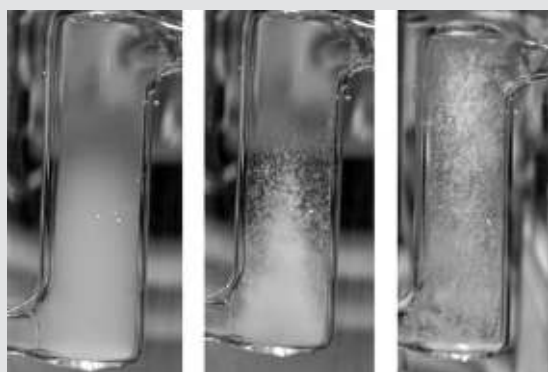
Исследования, выполненные в лаборатории, были удостоены Государственной премии СССР, премии им. В.Г. Хлопина РАН и других наград.

В настоящее время лаборатория состоит из 29 сотрудников, 3 из которых имеют степень доктора наук.

неподвижной фазой для выделения и концентрирования неорганических веществ из разных объектов (включая нефти);

- предложены экстракционные системы на основе водорастворимых полимеров для разделения металлов (включая трансплутониевые);
- созданы многоступенчатые мембранные системы для изучения распределения металлов между микро- и наночастицами природных сред;
- разработана суспензионная колонка для концентрирования и выделения различных веществ под действием стоячих ультразвуковых волн.

Впервые в России внедрен проточно-инжекционный анализ водных растворов.



Суспензионная колонка в ультразвуковом поле

## Международная кооперация

Лаборатория сотрудничает со многими научными центрами в России и за рубежом, участвует с пленарными, устными и стендовыми докладами на научных международных и отечественных конференциях.

Исследования лаборатории поддерживаются грантами научных фондов (РФФИ и РНФ) и финансируются за счет договорных отношений с предприятиями реального промышленного сектора.

В период 2016-2021 гг. сотрудниками лаборатории опубликовано более 120 работ в рецензируемых международных и российских журналах.



Планетарная центрифуга для разделения растворимых компонентов во вращающейся спиральной колонке

## Лаборатория методов исследования веществ и материалов



### Заведующий

### Владимир Пантелеймонович Колотов

Чл.- корр. РАН, д.х.н., профессор

Тел.: (499) 137 0486

[kolotov@geokhi.ru](mailto:kolotov@geokhi.ru)

<http://wssradel.org>

[portal.geokhi.ru/Lab04](http://portal.geokhi.ru/Lab04)



#### Задачи лаборатории:

- развитие и совершенствование аналитических методов исследования веществ и материалов (валовый и локальный анализ; методы анализа: рентгеноспектральные, спектроскопические, масс-спектрометрические, радиоаналитические);

- развитие интеллектуальной системы обработки данных с целью повышения метрологического уровня результатов анализа, математических и компьютерных решений для разрешения интерференций при выполнении анализа, обработки больших массивов данных, консолидации результатов анализа, полученных разными методами,

- совершенствование пробоподготовки при проведении анализа образцов различного типа, разработка новых систем для разложения проб, разработка методов концентрирования

- проведение анализа реальных веществ и материалов разного происхождения, горных пород; вземного вещества, технологических образцов, аттестация стандартных образцов состава.

- развитие электронных Интернет-систем для обеспечения исследований в области аналитической химии,

- разработка новых материалов для ядерной энергетики.

#### Приборный парк:

- ИСП-МС X Series2 (Thermo Scientific);
- ИСП-АЭС: iCAP6500 (Thermo Scientific);
- iCAP9000 (Thermo Jarell Ash);
- рентгено-спектральный анализ Axios Advanced PW 4400/04 (Philips);
- рентгено-спектральный микроанализ SX-100 (Cameca);
- атомно-абсорбционное определение ртути (Люмекс);
- гамма-спектрометры (Canberra, Грин Стар) и полупроводниковые детекторы.

#### Основные результаты исследований:

- Методология и программное обеспечение для комплексной обработки данных МС-ИСП на языке SQL в системе управления реляционными базами данных (СУБД). Результаты представлены в виде многомерного массива данных, включающего концентрации элементов, неопределенность их измерения, пределы обнаружения, контроль качества анализа и другой информации.

- Оригинальное аппаратное обеспечение для кислотного вскрытия в открытой системе геологических проб различного типа (базальты, основные и ультраосновные породы), а также проб малой массы в МВ-системе. Реализовано применение метода спекания в инертной атмосфере аргона. Разработаны

**Лаборатория была организована 30.12.2013 г.** в результате слияния двух лабораторий: *Лаборатории радиоаналитических и электрохимических методов* и *Центральной лаборатории анализа вещества*. Лаборатория радиоаналитических и электрохимических методов, была образована в 1949 г. Заведующий - И.П. Алимарин, академик и, в свое время, глава аналитической химии страны, плодотворно руководил лабораторией в течение 40 лет. Из школы академика Алимарина вышла плеяда ведущих химиков – аналитиков. С 1989 г. заведующим лабораторией стал В.П. Колотов. *Центральная лаборатория анализа вещества – ЦЛАВ* основана в 1976 г. академиком В.Л. Барсуковым. Ею заведовали к.т.н. Ю.И. Беляев (с 1976 по 1979 гг.), д.х.н. Г.М. Варшал (с 1979 по 1986 гг.), д.х.н. Н.М. Кузьмин (с 1986 г. по 1997г.); к.х.н. Г.М. Колесов (с 1997г. по 2012 г).

**Лаборатория сегодня:** персонал - 18 чел., в том числе 1 доктор наук, 8 кандидатов наук.

регламенты разложения проб различного типа в этих системах для последующего определения их химического состава методами АЭС-ИСП и МС-ИСП как в прямом варианте, так и после концентрирования целевых элементов (например, РЗЭ в ультраосновных породах на углеродных наноматериалах).

- Оригинальные алгоритмы компьютерной обработки данных при измерениях различного типа. Гамма-спектрометрия (деконволюция мультиплетов, учет эффекта истинных совпадений при измерении объемных источников, изотопная идентификация и др.), АЭС-ИСП (учет взаимных интерференций при определении всего ряда РЗЭ в рудах), гамма-активационная автордиография (анализ временной серии автордиографических изображений для повышения селективности картирования распределения радионуклидов).

- Методики рентгеноспектрального определения петрогенных и микроэлементов в геологических образцах. Использование многомерного статистического (кластерного) анализа обеспечило адекватный подбор стандартных образцов сульфидных руд для заметного улучшения точности определений. Разработаны подходы для определения фтора, а также железа в различной степени окисления в геологических пробах, а также методики анализа растительных материалов, цеолитов и др.

- Способ количественного определения углерода методом масс-спектрометрии вторичных ионов (МСВИ). Выявлена зависимость

коэффициента ионизации определяемого элемента от параметра NBO/T, характеризующего состав и структуру исследуемых силикатов.

- Разработана методика рентгеноспектрального микроанализа для одновременного определения более 25 элементов в силикатных образцах и минералах сложного многокомпонентного состава (карбонатиты, фторапатит, рудные минералы, взеземное вещество). За счет выявления и учета спектральных наложений заметно повышены метрологические характеристики анализа. Установлено, что основными концентраторами P, Sr, Th и REE являются фторапатит и замещающий его монацит-(Ce). Исследована микроструктура и фазовый состав метеоритов Эльга и Сеймчан, что позволило воссоздать термическую историю этих метеоритов.

- Разработан новый класс экологически более безопасных конструкционных материалов для ядерной энергетики (стали и сплавы на основе ванадия), отличающихся ускоренным спадом наведенной радиоактивности (совместно с ИМЕТ РАН).

- Консолидированный тезаурус терминов по общим вопросам и метрологии аналитической химии - как основа для создания онтологии и иерархической таксономии для индексации документов различных поддерживаемых сайтов. Разработан ряд Интернет ресурсов с использованием современных информационных технологий.

## Лаборатория радиохимии



### Заведующий

## Сергей Евгеньевич Винокуров

доктор химических наук

Тел. +7 (499) 137-41-27, +7 (495) 939-70-07

[vinokurov@geokhi.ru](mailto:vinokurov@geokhi.ru)

[portal.geokhi.ru/Lab05](http://portal.geokhi.ru/Lab05)



### Научная деятельность лаборатории включает:

исследования фундаментальных аспектов химии актинидных и осколочных элементов для их использования в решении проблем ядерного топливного цикла, обращения с радиоактивными отходами, радиофармацевтической химии, а также обеспечения радиационной безопасности окружающей среды.

Ключевой вклад в определение и развитие направлений научной работы лаборатории внес академик Борис Федорович Мясоедов, который с 1970 года около 40 лет руководил лабораторией.



Академик  
**Б.Ф. Мясоедов**  
Заведующий лабораторией  
с 1970 по 2009 гг.

### Основные направления исследований на современном этапе:

- изучение химических свойств и поведения в различных системах актинидных элементов (плутония, америция и нептуния) в высших состояниях окисления;
- создание эффективных методов выделения, разделения и определения актинидов и осколочных элементов и их применение в анализе техногенных и природных образцов, при фракционировании радиоактивных отходов, а также для получения радиоизотопов медицинского назначения;
- разработка научных основ инновационных технологий производства ядерного

топлива и переработки отработавшего ядерного топлива;

- разработка и исследование поведения природных и инженерных барьеров безопасности при размещении хранилищ радиоактивных отходов, в том числе разработка новых матриц для надежной иммобилизации радионуклидов и других компонентов отходов;
- разработка новых подходов к радиоэкологическому мониторингу и реабилитации загрязненных радионуклидами объектов и прогнозированию радиоэкологической ситуации.

### Междисциплинарные исследования

Лаборатория участвует в проведении междисциплинарных исследований с привлечением современных достижений радиохимии, физической химии, геохимии, радиоэкологии, радиофармацевтической химии и ядерной медицины.

В лаборатории в научных исследованиях используются современные физико-химические методы анализа, включая радиометрические (альфа-, бета- и гамма-спектрометрия, жидкостно - сцинтилляционная спектрометрия), спектроскопические, микроскопические (СЭМ, ТЭМ) и рентгеновские (дифрактометрия, РФА, EXAFS, XANES).

### Научные связи

Лаборатория сотрудничает с ведущими научными, образовательными и производственными организациями России: институты Российской академии наук (ИФХЭ РАН, ИГЕМ РАН, ИБРАЭ РАН и др.), ВУЗы (МГУ им. М.В. Ломоносова, РХТУ им. Д.И. Менделеева, МИФИ и др.) и предприятия

**Лаборатория была создана в 1949 году** как спец.лаборатория № 1-2 для обеспечения аналитического контроля ядерных материалов и технологий при реализации Атомного проекта СССР. В 1960 г. созданная лаборатория переименована в лабораторию радиохимии.

**Лаборатория радиохимии сегодня:** 21 сотрудник, в том числе 1 академик и 2 чл.-корр. РАН, 4 доктора наук, 4 кандидата наук, 5 аспирантов.

Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» (ФГУП «ПО «Маяк», ФГУП ГХК», АО «ВНИИНМ», АО «ВНИИХТ», АО «Радиевый институт им. В.Г. Хлопина», ФГУП «Радон»).

На базе лаборатории радиохимии и кафедры радиохимии Химического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова с 2009 г. успешно функционирует Научно-образовательный центр «Актиниды: свойства, поведение в техногенных и природных процессах» для подготовки кадров высшей категории в области радиохимии и радиоэкологии.

Апробация разрабатываемых лабораторией новых методов проходит на производственных предприятиях на основании договоров научно-технического сотрудничества, в том числе с Машиностроительным заводом (Электросталь, Московская область), Горно-химическим комбинатом (Железногорск, Красноярский край), Производственным объединением «Маяк» (Озерск, Челябинская область) и другими организациями атомной отрасли.

Лаборатория поддерживает международные связи в области радиохимии и химии трансурановых элементов с многими научными центрами различных стран мира, в том числе США, Японии, Франции, Чехии и Германии.

## Наиболее важные результаты исследований лаборатории на современном этапе

- разработаны новые методы для изготовления уранового и смешанного ядерного топлива при использовании микроволнового излучения;
- созданы научные основы инновационной технологии переработки отработавшего ядерного топлива, включающей переработку конструкционных материалов тепловыделяющих сборок – нержавеющей стали и циркониевых оболочек;
- разработаны новые методы фракционирования высокоактивных отходов при использовании единого экстрагента - трибутилфосфата, в том числе разделения америция и кюрия при использовании высших состояний окисления америция;
- разработана и апробирована в опытно-промышленном масштабе новая технология иммобилизации жидких радиоактивных отходов с применением минералоподобной низкотемпературной магний-калий-фосфатной матрицы.



В лаборатории вышли в свет ряд монографий, в том числе в серии «Аналитическая химия элементов»: «Актиний», «Уран», «Плутоний», «Протактиний» и «Трансплутониевые элементы».



## Лаборатория сорбционных методов



### Заведующий

### Руслан Хажсетович Хамизов

доктор химических наук, чл.- корр. РАН

Тел. +7 (499) 137-76-25

[khamiz@geokhi.ru](mailto:khamiz@geokhi.ru)

[portal.geokhi.ru/Lab06](http://portal.geokhi.ru/Lab06)



#### Основные направления исследований:

развитие теории сорбционных и хроматографических процессов, методов их расчета и оптимизации, разработка новых методов газовой, жидкостной и ионной хроматографии, разработка экологически безопасных и экономически эффективных способов переработки технологических растворов, природных и сточных вод с целью их очистки и извлечения полезных компонентов, создание новых ионообменных и сорбционных материалов для технологии и анализа.

#### Методы исследования:

ионная хроматография, лабораторные и укрупненные исследования равновесия, кинетики и динамики процессов ионного обмена и сорбции на природных и синтетических сорбентах и наноионитах, пилотные испытания, теоретическое описание процессов ионной и молекулярной хроматографии, сорбционно-го разделения, концентрирования и очистки веществ, математическое моделирование, вычислительный эксперимент.

#### Междисциплинарные исследования:

получение и применение наноионитов в аналитической химии и медицине.

#### Основные достижения

- Развита теория сорбционных и хроматографических процессов, методов их расчета и оптимизации, разработаны новые методы газовой, жидкостной и ионной хроматографии, разработаны экологически безопасные и экономически эффективные способы переработки технологических растворов, природных и сточных вод с целью их очистки и извлечения полезных компонентов, созданы новые ионообменные и сорбционные материалы для технологии и анализа.

полимерных средах. Разработана технология очистки промышленной экстракционной фосфорной кислоты с одновременным выделением РЗЭ.

- Развита теория сорбционных и хроматографических процессов, методов их расчета и оптимизации, разработаны новые методы газовой, жидкостной и ионной хроматографии, разработаны экологически безопасные и экономически эффективные способы переработки технологических растворов, природных и сточных вод с целью их очистки и извлечения полезных компонентов, созданы новые ионообменные и сорбционные материалы для технологии и анализа.

- Разработан метод синтеза наноконструкций с ионообменными свойствами и получены новые высокоэффективные аналитические колонки для ионной хроматографии. Разработаны методы получения наноразмерных ионитов и комплексов на их основе для использования в медицине.

- Развита теория сорбционных и хроматографических процессов, методов их расчета и оптимизации, разработаны новые методы газовой, жидкостной и ионной хроматографии, разработаны экологически безопасные и экономически эффективные способы переработки технологических растворов, природных и сточных вод с целью их очистки и извлечения полезных компонентов, созданы новые ионообменные и сорбционные материалы для технологии и анализа.

- Развита теория сорбционных и хроматографических процессов, методов их расчета и оптимизации, разработаны новые методы газовой, жидкостной и ионной хроматографии, разработаны экологически безопасные и экономически эффективные способы переработки технологических растворов, природных и сточных вод с целью их очистки и извлечения полезных компонентов, созданы новые ионообменные и сорбционные материалы для технологии и анализа.

Сотрудниками лаборатории за все время опубликовано 16 монографий и 8 глав в зарубежных монографиях, получено более 70

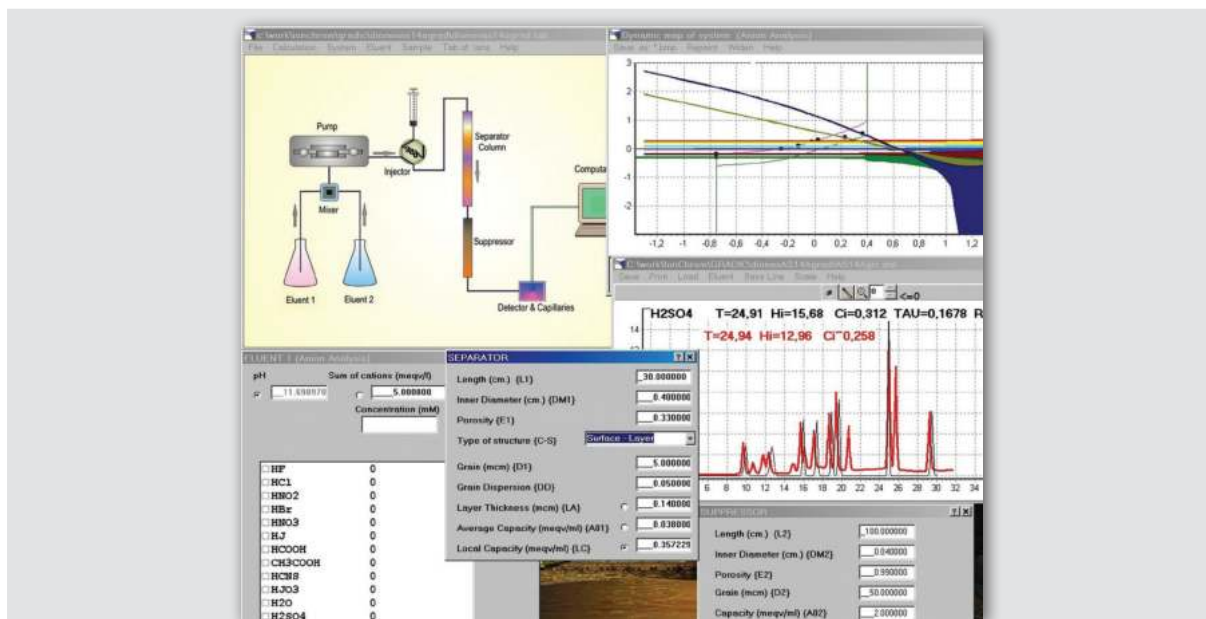
**Лаборатория организована в 1967 г.** д.х.н., профессором М.М. Сенявиным (1917 - 1989 гг.). С 1990 г. по 2002 г. лабораторией заведовал д. х. н., профессор Б.А. Руденко (1932-2013 гг.) С 2002 г. лабораторию возглавляет д. х. н. Р.Х. Хамизов.

В настоящее время в лаборатории работает 15 научных сотрудников, среди них 4 доктора наук и 6 кандидатов наук.

авторских свидетельств СССР и патентов в России и других странах.

За исследования в области химической технологии М.М. Сенявин был удостоен в 1972 г.

Государственной премии СССР, а за цикл работ в области ионной хроматографии - в 1991 г. - Государственной премии РФ.



Интерактивный интерфейс программы IONCHROM (слева, сверху). Показаны некоторые окна: состав элюента по анионам, разделяющая колонка, подавительная колонка, динамическая карта системы, хроматограммы: расчетная (черным цветом), экспериментальная (красным цветом). Программа IONCHROM решает прямую задачу расчета теоретической хроматограммы, обратную задачу анализа экспериментальной хроматограммы, задачу выбора оптимального режима быстрого и полного разделения заданной смеси ионов.

Пилотная установка для очистки ЭФК и извлечения РЗЭ по технологии, разработанной совместно с ООО «НьюКем Текнолоджи» и ОАО «НИУИФ». Испытания проводились на Белореченском заводе минеральных удобрений (БМУ – Еврхим)



## Лаборатория химических сенсоров и определения газообразующих примесей



**И. о. заведующего**

**Ягов Владимир Викторович**

кандидат химических наук

Тел.: +7 (499) 939-70-12

[vladvy65@yandex.ru](mailto:vladvy65@yandex.ru)

[portal.geokhi.ru/Lab07](http://portal.geokhi.ru/Lab07)



### Основным направлением деятельности лаборатории

является разработка новых первичных средств получения аналитической информации (химических сенсоров) на основе спектроэлектрохимических методов. В фундаментальном аспекте внимание сотрудников лаборатории сосредоточено на принципах формирования оптического и электрического сигнала при переносе заряда, вещества и энергии через границы раздела газ/электролит и металл/спейсер/электролит. Задачей подразделения является не только изучение физико-химических процессов, лежащих в основе развиваемых методов химического анализа, но и создание новых приборов, а также разработка способов их применения в химическом анализе вод, биомедицинских объектов, геологических и технологических материалов.

### Основными методами

являются термоокислительная спектроскопия, фотолюминесценция и спектроскопия плазмонного резонанса в организованных средах, катодная электрохемилюминесценция и микроплазменная атомно-эмиссионная спектроскопия с источниками на основе разрядов с жидкими электродами. К области наших интересов также относятся новые методы пробоотбора, адаптированные к развиваемым методам анализа. Разработанные в лаборатории приборы и методики используются в геохимических исследованиях для изучения состава морской воды и донных отложений, в космических исследованиях,

при разработке процессов гидрохимической технологии, в клинико-диагностических целях, в образовательном процессе (кафедра химии Университета «ДУБНА» и кафедра аналитической химии химического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова).

### За последние годы получены следующие основные результаты:

- Совместно с Лабораторией геохимии Луны и планет разработан и изготовлен монопольный масс-спектрометр, установленный на спускаемом аппарате (Проект «Фобос – Грунт»).
- Предложен новый термоокислительный метод исследования вещества – окситермография. Создан макет мультисенсорной окситермографической установки с возможностью одновременного измерения содержания кислорода и углекислого газа. Разработаны оригинальные методы и устройства пробоотбора, ориентированные на применение окситермографии в медико-биологических и геохимических исследованиях. Предложен комбинированный мембранно-окситермографический способ определения взвешенного и растворенного органического вещества в природных водах.
- Предложены и изучены новые источники атомизации и возбуждения на основе импульсных разрядов с жидкими электродами. Развита термическая модель распыления электролитного катода, качественно объясняющая влияние ряда экспериментальных параметров на сигнал. Для некоторых микроплазменных источников исследовано влияние типа металла на его переход из раствора в факел. Обнаружено

**Лаборатория основана в 1967 г.** д.т.н., профессором Л.Л.Куниным. С 1988 г. по 2019 г. лабораторией заведовал профессор, д.т.н. Б.К. Зуев. С 2019 обязанности заведующего исполняет к.х.н. В.В. Ягов. В лаборатории работают 12 научных сотрудников, в том числе 2 доктора наук и 7 кандидатов наук.

явление селективного переноса некоторых тяжелых металлов из жидкого анода, образованного концентрированным раствором соли, в плазму. Создан капельно-искровой атомно-эмиссионный спектрометр для анализа растворов. Для задач клинической диагностики разработаны экспрессные методики определения Na, K, Ca и Mg в некоторых биологических жидкостях.

- Разработан комплекс препаративных методик фотохимического синтеза и целевого формирования поверхностного слоя наночастиц серебра различной геометрии, теоретических подходов, позволяющих описать механизмы их роста. Полученные наночастицы обладают поверхностным плазмонным резонансом и усиливают люминесценцию находящихся вблизи от них молекул в самоорганизующихся супрамолекулярных системах. Это явление использовано для флуоресцентного определения полициклических ароматических углеводородов.

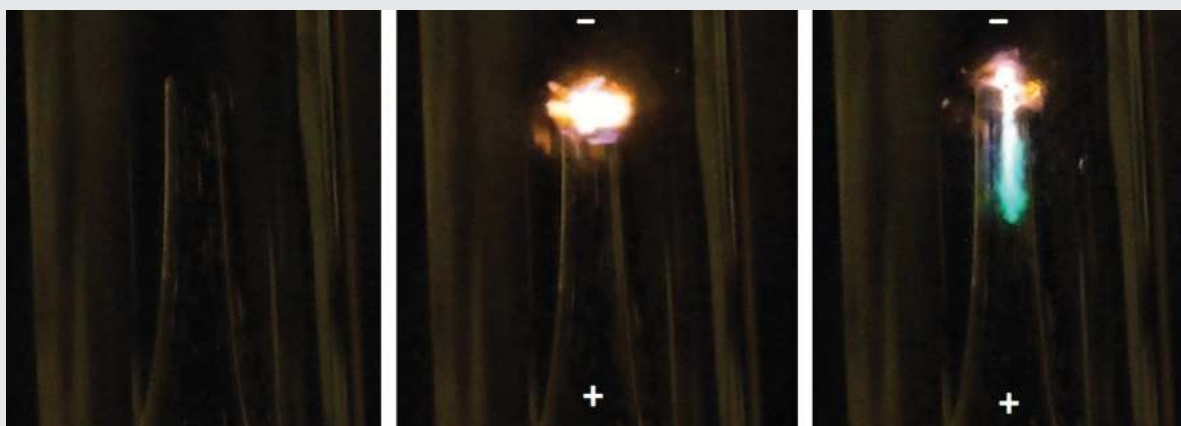
- Показана возможность использования алюминиевого электрода для детектирования ионов ряда тяжелых металлов и



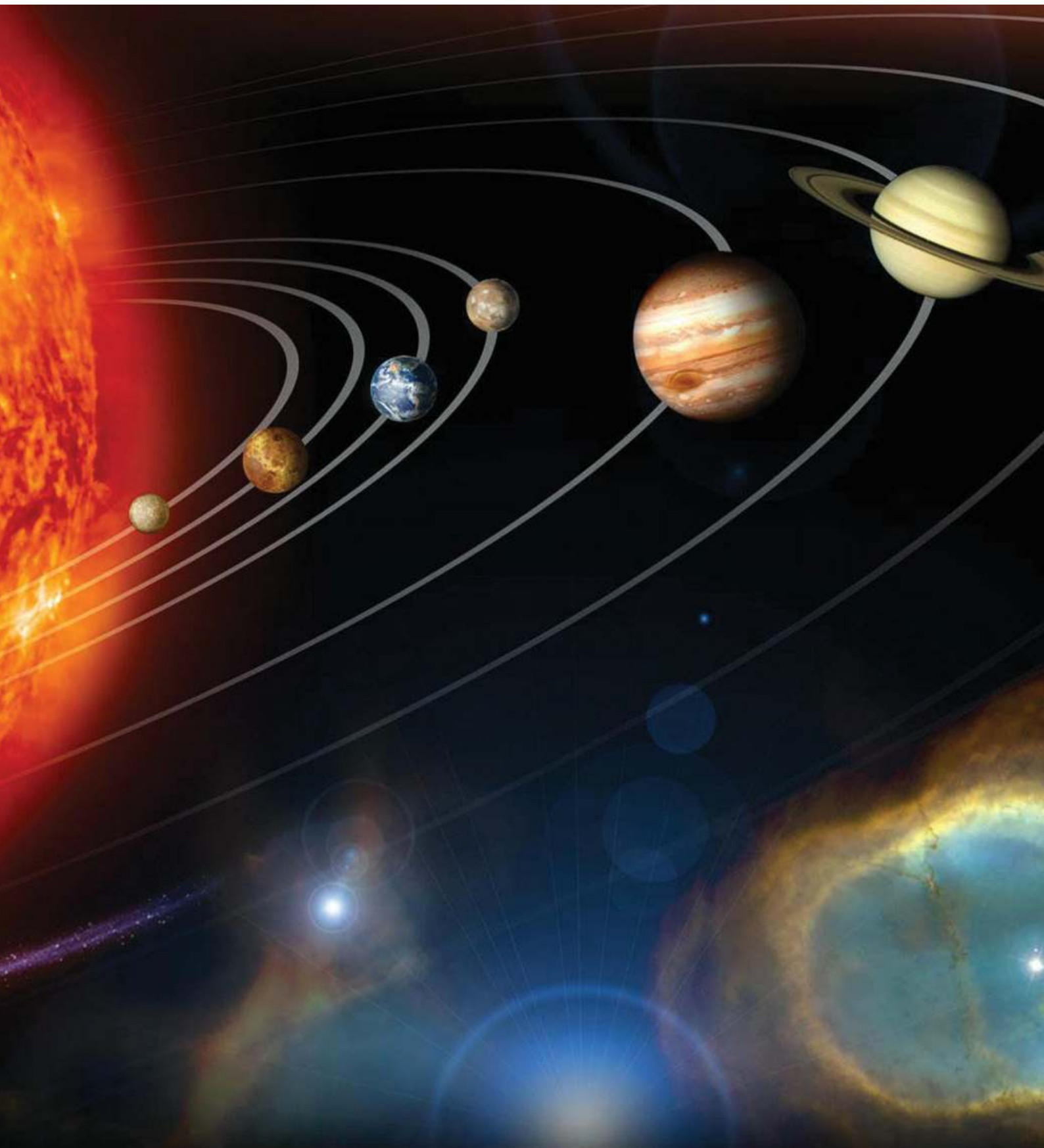
Д. т. н., профессор  
**Б.К. Зуев**  
Заведующий лабораторией с 1988 по 2019 гг.

ароматических соединений по их собственной люминесценции, возбуждаемой электрохимическим путем. Определены условия стабильной работы электрохемилюминесцентного (ЭХЛ) детектора. Показана возможность ЭХЛ-определения ряда токсичных металлов, оловоорганических и ртуторганических соединений, а также некоторых лекарственных препаратов ароматического ряда. Обнаружена и изучена катодная ЭХЛ 13 тяжелых металлов в концентрированных кислотно-солевых растворах, сходная в отношении чувствительности к матрице с фотолюминесценцией кристаллофосфоров. Эффект «катодного нанофосфора» перспективен для анализа некоторых неорганических материалов.

- Разработан способ выделения аналитического сигнала на изменяющемся фоне, основанный на оригинальном алгоритме частичного сопоставления кривых с помощью ординатного распределения. Алгоритм реализован в программном обеспечении разработанных в лаборатории приборов, включая измерения в реальном времени.



Покадровые изображения, взятые из видеосъемки проточного кипящего разряда в растворе, содержащем 8 mM NaCl и 4 μM Tl. D-линия натрия и зеленое излучение Tl разделены во времени и пространстве.



Структуру отдела составляют четыре лаборатории:

- лаборатория метеоритики и космохимии;
- лаборатория сравнительной планетологии;
- лаборатория термодинамики и математического моделирования природных процессов;
- лаборатория геохимии Луны и планет.

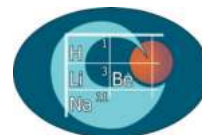


Руководитель отдела  
академик  
М.Я. Маров

Основные направления деятельности отдела – исследование проблем происхождения и эволюции планет и малых тел Солнечной системы (спутников, астероидов, комет), а также особенностей формирования экзопланет на основе лабораторного изучения образцов внеземного вещества (метеоритов, лунного грунта), спектроскопических данных о составе тел Солнечной системы и внесолнечных объектов и математического моделирования процессов, лежащих в основе их генезиса и формирования, вместе с изучением проблем космохимии, планетной геологии и сравнительной планетологии. Такой комплексный подход обеспечивает уникальные возможности исследования проблем планетной космогонии путем модельной реконструкции процессов образования и последующей эволюции космических тел и верификации результатов с использованием прямого изучения внеземного вещества, сохранившего в своем составе следы этих процессов.

Отдел участвует в разработке Федеральных программ космических исследований, разработке методических обоснований и создании научных приборов для космических аппаратов и анализе результатов измерений, выборе и геолого-геохимическом обосновании мест посадки космических аппаратов на поверхности Луны, планет и их спутников. Одно из направлений космохимических исследований связано с изучением долгопериодических вариаций галактических космических лучей и солнечной активности на основе изучения треков в микрообразцах метеоритов. Отдел осуществляет обеспечение сохранности и пополнения хранящейся в ГЕОХИ уникальной коллекции метеоритов и лунного вещества, а также участвует в экспертизе образцов, поступающих от населения, на предмет определения возможности их внеземного происхождения.

# Лаборатория геохимии Луны и планет



## Заведующий

### Евгений Николаевич Слюта

кандидат геолого-минералогических наук

Тел.: +7 (495) 939-28-92

[slyuta@geokhi.ru](mailto:slyuta@geokhi.ru)

[portal.geokhi.ru/Lab41](http://portal.geokhi.ru/Lab41)



## Основные направления исследований

лаборатории связаны с разработкой, проектированием и созданием различных типов научных приборов и грунтозаборных устройств для геологических, геохимических и геофизических исследований Луны, планет и малых тел Солнечной системы.

### В задачи лаборатории также входит:

- изучение физико-механических, теплофизических и электромагнитных свойств лунного и марсианского грунта и разработка их аналогов (Рис. 1) для тестирования научной аппаратуры и космических аппаратов;

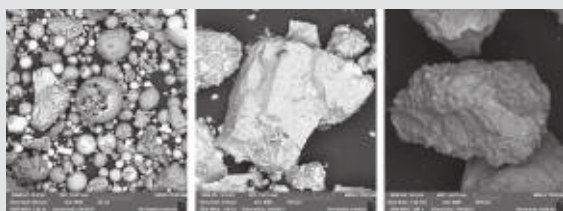


Рис. 1.

- исследование и картирование потенциальных мест посадок на Луне, Марсе и Венере с целью создания инженерных моделей поверхности;

- экспериментальные исследования химической дифференциации вещества в результате метеоритной бомбардировки на поверхности Луны и других тел;

- изучение имплантации и обогащения минералов и частиц лунного реголита космическими изотопами;

- изучение и картирование различных типов лунных и внеземных ресурсов, и

разработка методов их разведки и технологии добычи и обогащения;

- изучение наблюдаемого перехода между малыми и планетными телами и параметров гравитационной деформации малых тел Солнечной системы в зависимости от их химического и минерального состава.

Приборная база лаборатории включает испытательный лунный стенд, чистую комнату, приемную камеру для лунного грунта (Рис. 2), лабораторный комплекс для создания



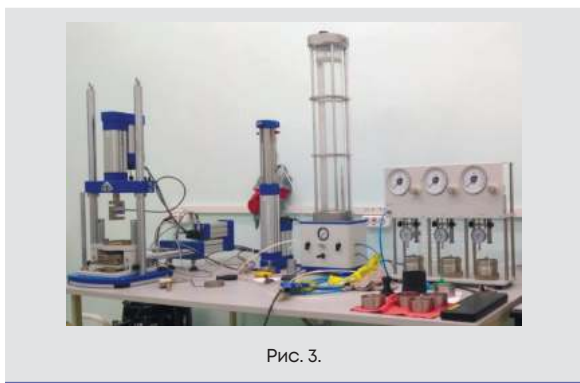
Рис. 2.

грунтов-аналогов, грунтовая лаборатория для исследования физико-механических свойств грунтов (Рис. 3), кабинет планетной картографии.

## Основные результаты:

- В лаборатории разработан и апробирован метод термодесорбционной масс-спектрометрии (Slyuta et al., 2017) для исследования в образцах лунного грунта имплантированных газов земного и солнечного ветра в зависимости от глубины имплантации и энергии активации. Для изучения сопоставительной химической дифференциации

Лаборатория была основана в Институте Вернадского в 1961 году по инициативе академика А.П. Виноградова с целью разработки научной аппаратуры для космических аппаратов для исследования вещества Луны и планет. Лабораторию возглавил д.ф.-м.н. профессор Ю.А. Сурков, а в период с 2006 по 2015 гг. к.ф.-м.н. Л.П. Москалева. В лаборатории было разработано и изготовлено более 30 типов различной научной аппаратуры для космических аппаратов для исследования Луны, Венеры, Марса и Фобоса. В лаборатории трудятся 10 научных и 11 инженерно-технических сотрудников, среди них 3 кандидата наук.

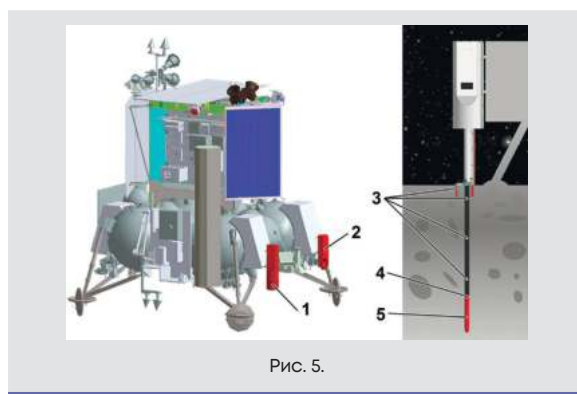


вещества разработан метод имитации микрометеоритной бомбардировки с помощью импульсного лазера (Сорокин и др., 2020). Метод мультимасштабной объемной микроскопии, применяемый в лаборатории, позволяет исследовать частицу внеземного вещества при минимальном воздействии на ее структуру с сохранением ее цифрового образа для дальнейшего изучения.

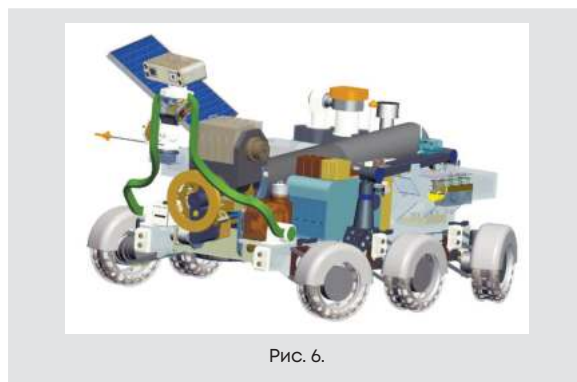
- С помощью первого гамма-спектрометра на КА «Луна-10» и «Луна-12» впервые определено содержание естественных радионуклидов в лунном грунте и установлен тип лунных пород в морских и материковых районах. С помощью масс-спектрометров и газоанализаторов на КА «Венера -4,-5,-6» (1967-1969гг.) и «Венера -8,-9,-10» (1972-1975гг.) впервые определен состав атмосферы Венеры. С помощью рентгено-флуоресцентного спектрометра на КА «Венера-12» впервые определен состав аэрозольной компоненты облачного слоя Венеры. С помощью грунтозаборного устройства и рентгено-флуоресцентного спектрометра на КА «Венера -13,-14» (1981г.) и «Вега-2» (1984 г.) впервые определен химический состав пород в трех регионах Венеры. С помощью



орбитального гамма-спектрометра на КА «Марс-5» (1973г.) и «Фобос-2» (1989г.) впервые получены данные о химическом составе пород Марса. Для лунного орбитального КА «Луна-26» разработан детектор космической пыли ионизационного типа «МЕТЕОР-Л» (Рис. 4) (Slyuta et al., 2021). Для эксперимента ТЕРМО-ЛР на посадочном КА «Луна-27» разработан глубоководный каротажный зонд (Рис. 5) для изучения теплофизических, физико-меха-



нических и электромагнитных свойств лунного грунта (Slyuta et al., 2021). Разработан первый российский лунный грунт-аналог VI-75 для экспериментов и испытаний посадочных КА (Slyuta et al., 2021). Разработан первый российский марсианский грунт-аналог для испытаний посадочного КА «ЭкзоМарс». В лаборатории разработана концепция проекта тяжелого лунохода нового поколения «Робот-Геолог» (Рис. 6) с буровой установкой для



проведения геологической и геофизической съемки на Луне. Разработана теория гравитационной деформации малых тел Солнечной системы (Slyuta, Voropaev, 2015).



# Лаборатория метеоритики и космохимии



## Заведующий

### Дмитрий Дмитриевич Бадюков

кандидат геолого-минералогических наук

тел.: +7 (495) 939-70-53

[badyukov@geokhi.ru](mailto:badyukov@geokhi.ru)

[www.meteorites.ru](http://www.meteorites.ru)

[portal.geokhi.ru/Lab43](http://portal.geokhi.ru/Lab43)

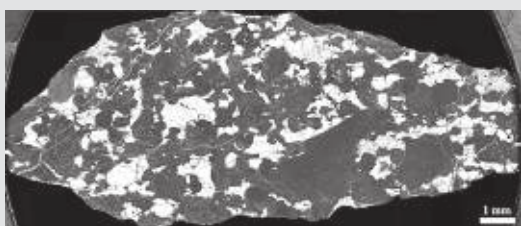


#### Направления исследований:

- формирование и эволюция вещества в солнечной небуле;
- аккреция, дифференциация, метаморфизм и экзогенная история космических тел;
- геохимия и петрология ударных процессов;
- магнетизм горных пород и внеземного вещества и связь магнитных свойств вещества с ударными воздействиями, статическими давлениями и облучениями.

#### Объекты исследований:

различные классы метеоритов – хондриты, ахондриты, железные и другие метеориты, лунное вещество, космическая пыль и породы земных ударных кратеров (импактиты, тектиты), а также астроблемы (метеоритные кратеры) России (их геолого-геофизическое и геохимическое комплексное исследование).



BSE изображение метеорита Sierra Gorda 009  
G хондрита из Чили

Внеземной материал изучается с помощью минералого-петрографических, геохимических и геофизических методов исследований вещества – оптической и сканирующей электронной микроскопии, микрозонда, с помощью просвечивающей электронной микроскопии, изотопных исследований, магнитометрии и других методов.

#### Международные связи

Лаборатория поддерживает связи со многими российскими и зарубежными научными организациями, ведущими исследования в области метеоритики, в частности с Смитсоновским музеем (США) и Венским Естественно-историческим музеем (Австрия).

#### Основные достижения

За последние годы сотрудниками лаборатории в области исследования метеоритов и космической пыли были получены следующие наиболее важные результаты:

- Проведено всестороннее минералого-геохимическое и геофизическое изучение метеорита Челябинск – одного из крупнейшего наблюдаемых падений метеоритных дождей на территории России.



Фрагмент метеорита Челябинск.  
Обыкновенный хондрит.

- Рассмотрена история формирования Ca-Al - включений, образованных на самых ранних стадиях формирования Солнечной системы. На основании Pb-Pb, Mg-Al и Cr-Mn изотопных систем установлена хронологическая последовательность процессов, участвовавших в образовании этих включений.
- Установлена новая группа метеоритов – метаморфизованные углистые хондриты.

Лаборатория была основана на базе Комитета по метеоритам Академии Наук, а в современном статусе существует с 2002 г.

В настоящее время в лаборатории работает 21 научный сотрудник, среди которых 2 доктора наук и 12 кандидатов наук.



Ca-Al включение в углистом хондрите Ефремовка. Ширина кадра – 2 см

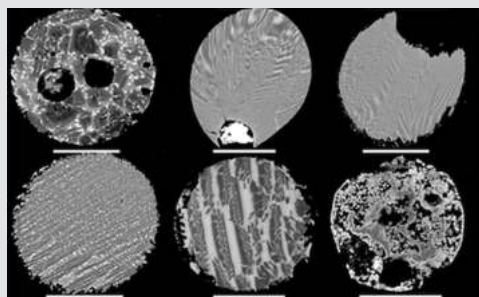
- В железном метеорите Эльга обнаружены фазы, впервые показывающие роль летучих в процессе ударной переработки железных метеоритов.

- В лунных метеоритах обнаружен самородный кремний и силициды железа, которые были образованы при конденсации силикатного пара. Установленный механизм образования самородного Si может иметь практическое значение для обеспечения лунных баз.

- Открыты новые минералы дмитрийивановит и хапкеит. Обнаружена новая минеральная группа фосфористых сульфидов Fe и Ni.

- В лунных породах впервые найдены уникальные объекты – фосфор-содержащие оливины и породы с алюмоэнстатитом, которые имеют глубинное происхождение.

- Открыты и исследованы скопления микрометеоритов на ледниках Северного острова архипелага Новая Земля, среди которых найдены частицы, не имеющие аналогов среди известного вещества метеоритов.



Космические сферулы из Новоземельской коллекции. BSE изображение, ширина линейки – 100 мкм

- Совместно с французскими коллегами создана альтернативная магнитная классификация метеоритов, тектитов и импактных стёкол. Классификация основана на быстрых и неразрушающих измерениях магнитной восприимчивости образцов.

Лаборатория курирует Метеоритную коллекцию РАН и Национальную коллекцию лунных образцов, доставленных АЛС Луна-16, Луна-20, Луна-24 и экспедициями «Аполлон». Метеоритная коллекция ежегодно пополняется новыми находками метеоритов, поступающими из различных источников, в том числе и от населения. В настоящее время она насчитывает около 1400 метеоритов по названиям и порядка 27000 образцов. В лаборатории проводится большой объем работ по классификации метеоритов из новых поступлений и их регистрация в Международном номенклатурном комитете при Метеоритном Обществе. В 2018 году сотрудники лаборатории организовали и провели 81-ое Ежегодное Собрание Метеоритного Общества в Москве (81st Annual Meeting of the Meteoritical Society, 22-27 июля 2018). Конференция собрала более 300 международных участников.



Падения метеорита Челябинск от 15 февраля 2013 года: вспышка (фото Марата Ахметвалеева)

Сотрудники проводят экспертизу образцов, получаемых от населения РФ и зарубежных стран, для которых предполагается метеоритное происхождение (300-500 образцов в год) и ведется учет метеоритов, обнаруженных на территории РФ. Осуществляется просветительская работа среди широких слоев населения, читается курс лекций по метеоритике на геологическом факультете МГУ. Лаборатория метеоритики является единственным и уникальным научным подразделением в РФ, систематически проводящим исследования внеземного вещества на современном уровне. Сайт лаборатории ([www.meteorites.ru](http://www.meteorites.ru)) является одним из наиболее посещаемых сайтов лабораторий РАН.

## Лаборатория сравнительной планетологии



### Заведующий

#### Михаил Арсеньевич Иванов

доктор геолого-минералогических наук

Тел.: +7 (499) 137-49-95

[mikhail\\_ivanov@brown.edu](mailto:mikhail_ivanov@brown.edu)

[portal.geokhi.ru/Lab44](http://portal.geokhi.ru/Lab44)

<http://www.planetology.ru>



### Основное направление работы лаборатории -

изучение морфологии поверхности и геологического строения планет, спутников и малых тел Солнечной системы. На базе разработок лаборатории были выбраны и охарактеризованы места посадки автоматических станций «Луна 15-24», выполнялось оперативное сопровождение работы аппаратов «Луноход 1 и 2» и последующий анализ собранной ими информации, выполнен геолого-морфологический анализ ТВ изображений поверхности Венеры и Марса, полученных отечественными аппаратами «Венера 9-14», «Марс 4-5». Параллельно в лаборатории проводились исследования вземного вещества. В последние годы значительное внимание уделяется геологическому анализу поверхности Венеры и Марса на основе анализа радарных изображений, полученных КА «Венера 15 и 16» (СССР) и «Магеллан» (США) и ТВ снимков, полученных КА «Марс Сервейор», «Марс Одиссей», «Марс Реконесанс Орбитер», «Лунар Реконесанс Орбитер» (США), «Марс Экспресс» и «Венера Экспресс» (Европейское космическое агентство). В лаборатории создана глобальная геологическая карта Венеры масштаба 1:10,000,000. Для выбора и характеристики мест посадки КА «Луна-Глоб» и «Луна-Ресурс» проводится изучение геологического строения и рельефа поверхности полярных областей Луны. Коллективом лаборатории успешно реализован проект РНФ «Реконструкция геологической истории приполярных областей Луны на базе новых высокоточных данных для выяснения источников, распределения и накопления летучих

(воды) на Луне» (2017-2019 гг.). В настоящее время проводятся исследования в рамках проекта РНФ «Оценка темпов экзогенного обновления поверхности Луны» (2021-2023 гг.). Важным направлением этих работ является изучение геолого-геохимических аспектов ударного кратерообразования.

### Основные направления работы включают:

- изучение геологического строения и геологической истории Марса, Венеры, Меркурия, спутников планет, астероидов и комет;
- анализ данных наблюдений по распределению различных форм воды в верхних слоях марсианской коры и теоретическое моделирование этого распределения;
- проведение экспериментов, моделирующих геохимическую дифференциацию вещества в ударном процессе;
- выбор и характеристика мест посадки космических аппаратов на планеты и спутники, разработка инженерных моделей рельефа и грунта;
- сбор и хранение изображений и карт планет и спутников Солнечной системы;
- преподавательская и просветительская работа по тематике лаборатории.



Д. г.-м. н.  
**А.Т. Базилевский**  
Заведующий  
лабораторией  
с 1982 по 2016 гг.

### Развиваемые методы:

- фотогеологический анализ изображений и составление геологических карт планет и малых тел;
- анализ данных дистанционного зондирования и прямых измерений на поверхности планет и малых тел;
- экспериментальное и теоретическое моделирование геолого-геохимических процессов на планетах и малых телах.

Лаборатория сравнительной планетологии основана в 1967 г. по инициативе академиков А.П. Виноградова и Г.И. Петрова в составе ИКИ АН СССР и возглавлялась К.П. Флоренским.

В 1975 г. лаборатория в полном составе переведена в ГЕОХИ АН СССР. С 1982 по 2016 г. лабораторией заведовал доктор геол.-мин. наук А.Т. Базилевский. В 1987 г. в составе лаборатории был организован сектор внеземного вещества, возглавлявшийся доктором геол.-мин. наук М.А. Назаровым, впоследствии выделенный в отдельную лабораторию метеоритики. С 2016 г. по настоящее время лабораторией заведует доктор геол.-мин. наук М.А. Иванов.

В настоящее время в штат лаборатории входят 8 человек, в том числе 2 доктора наук и 4 кандидата наук.

## Основные результаты:

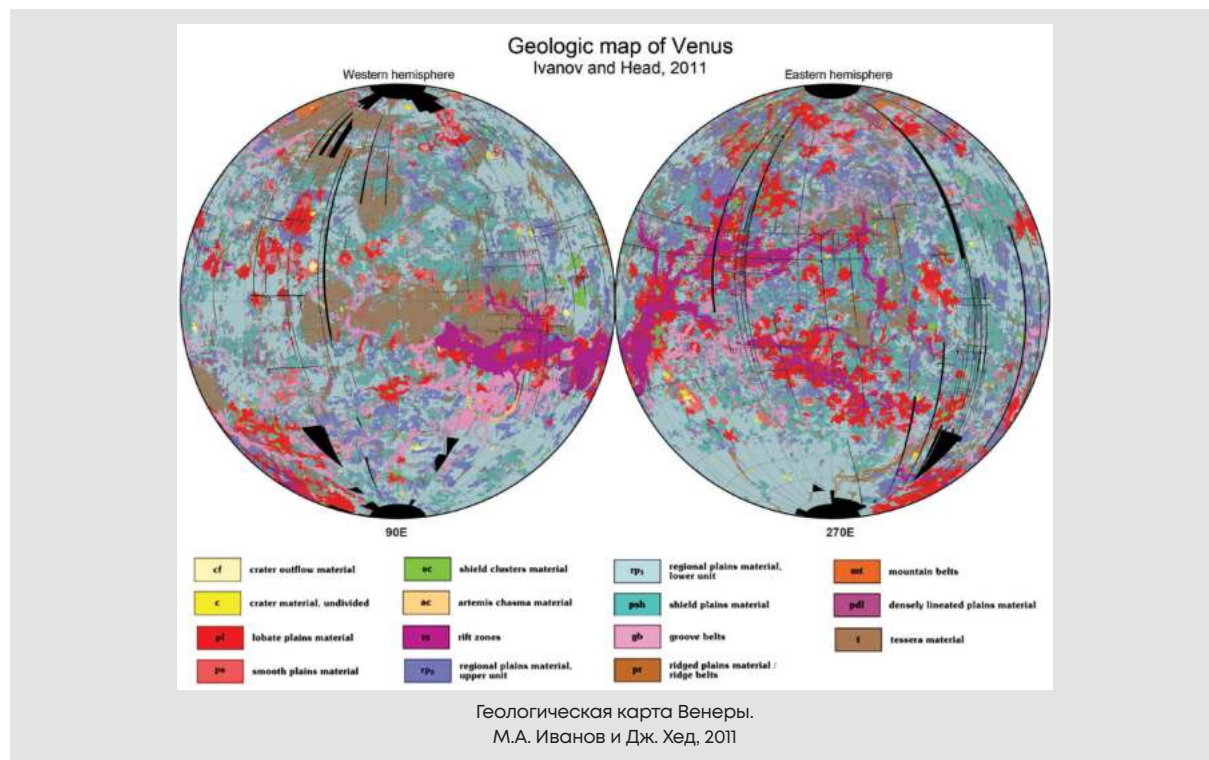
сотрудники лаборатории опубликовали 6 монографий в отечественных и 3 в зарубежных издательствах; участвовали в отечественных миссиях «Луноход 1, 2»; «Луна 16, 20, 24»; «Марс 4, 5»; «Венера 9-16»; «Вега 1, 2», «Фобос 2» (выбор и характеристика мест посадки, анализ полученных данных); участвовали в зарубежных миссиях «Вояджер», «Магеллан», «Марс Глобал Сервейор», «Марс Одиссей», «Марс Экспресс», «Венера Экспресс», «Лунар Реконесанс Орбитер», «Марс Сайнс Лаборатори» (анализ полученных данные).

Лаборатория ежегодно, начиная с 1985 и по 2010 гг., совместно с Университетом Брауна (США) проводила в Москве и/или Хьюстоне Международный Симпозиум по сравнительной планетологии. Сотрудники лаборатории совмещают научную работу с преподавательской деятельностью. В лаборатории подготовлены и защищены 10 кандидатских и 2 докторские диссертации.

За создание карт поверхности Венеры и анализ на их основе геологии Венеры А.Т. Базилевский, Г.А. Бурба и А.А. Пронин стали лауреатами Государственной премии СССР (1989). А.Т. Базилевский получил международные награды: Humboldt Research Award, Germany (1999); Runcorn-Florensky Medal of the European Geophysical Society (2000); Barringer Medal of the Meteoritical Society (2001); Masursky Award of the Division of Planetary Science (2004).

## Международное сотрудничество

Лаборатория активно сотрудничает с Университетом Брауна, г. Провиденс, США; Свободным университетом Берлина, ФРГ; Макс-Планк Институт изучения Солнечной системы, Геттинген, ФРГ; Институт планетологии, г. Берлин, ФРГ; Институт планетологии, г. Мюнстер, ФРГ.



# Лаборатория термодинамики и математического моделирования природных процессов



## Заведующая

### Вера Алексеевна Дорофеева

доктор химических наук

Тел.: (495) 939-70-60

[dorofeeva@geokhi.ru](mailto:dorofeeva@geokhi.ru)

[portal.geokhi.ru/Lab45](http://portal.geokhi.ru/Lab45)



Член-корр. РАН  
**О.Л. Кусков**  
Заведующий лабораторией  
с 1992 по 2016 гг.

## Тема работ лаборатории -

**изучение геохимических, космогонических и космохимических процессов методами математического моделирования** включает в себя несколько направлений:

- математическое моделирование процессов образования и эволюции вещества в газопылевой среде ранней Солнечной системы, образование и рост первичных твердых тел, и формирование зародышей планетных тел в Солнечной и экзопланетных системах. Руководитель: академик РАН, д. физ.-мат.н. М.Я. Маров;

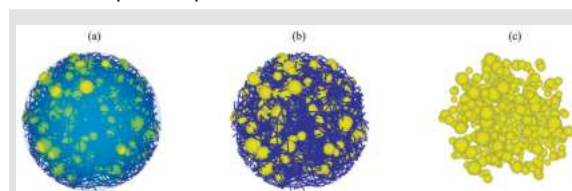
- математическое моделирование эволюции вещества комет, Луны и ледяных спутников. Экспериментальное получение термодинамических данных. Руководитель: член корр. РАН, д.х.н. О.Л. Кусков;

- термодинамическое моделирование геохимических эффектов хромшпинелида и сульфидной ликвиации при кристаллизации мафит-ультрамафитовых магм. Руководитель: д.г-м.н. А.А. Арискин.

## Основные достижения лаборатории за последние годы

- Проведены численные исследования роста первичных твердых тел при взаимных столкновениях пылевых кластеров в протопланетном газопылевом диске. Разработаны математическая модель и комплексы программ для изучения теплофизических и механических свойств гетерогенных фрактальных пылеледяных кластеров размером ~0.1–10 см

с различным соотношением тугоплавких и ледяных компонент на линии водяного льда. Изучены особенности их распада, включая зависимость пористости и плотности, от фрактальной размерности, см. Рис. 1.



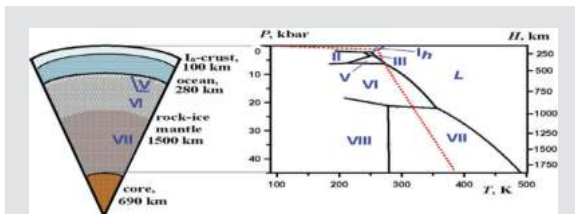
**Рис. 1.** Пример модели фрактального пыле-ледяного кластера, в котором тугоплавкие агрегаты на порядок крупнее ледяных: (а) охватывающий объем, (б) кластер до сублимации льда, (в) после сублимации льда.

- Созданы модели миграции небесных тел в формирующейся и современной Солнечной системе, проведены расчеты вероятностей их столкновений с планетами и спутниками. Предложен сценарий происхождения Луны, исходя из мультиимпактной модели, с учетом ограничений на величину углового момента и изотопных отношений элементов, получены оценки сравнительного роста зародышей Земли и Луны за счет выпадения на них планетезималей. Проведены количественные оценки доставки воды и летучих к Земле, Луне и планетам земной группы на различных этапах эволюции Солнечной системы.

- На основе экспериментальных данных в области космохимии, геохимии, астрофизики и геофизики методами физико-химического и математического моделирования исследованы: структуры аккреционных дисков Юпитера и Сатурна, удовлетворяющие данным КА «Галилео» и «Кассини-Гюйгенс», и получены ограничения на основные физические характеристики протоспутниковых дисков; процессы формирования системы Земля-Луна и тел Солнечной системы; построены модели химического состава, теплового режима и внутреннего строения Луны и спутников

**Лаборатория основана в 1977 г.** д. х. н, профессором И.Л. Ходаковским, в 1989 - 1991 гг. лабораторию возглавлял к.х.н. М.Я. Френкель, а в период 1992-2016 гг. член-корр. РАН д.х.н. О.Л. Кусков. В настоящее время лабораторией заведует д.х.н. В.А. Дорофеева. Основной состав: 16 научных сотрудников, среди них - 1 академик, 1 член-корреспондент РАН, 4 доктора наук, 6 кандидатов наук.

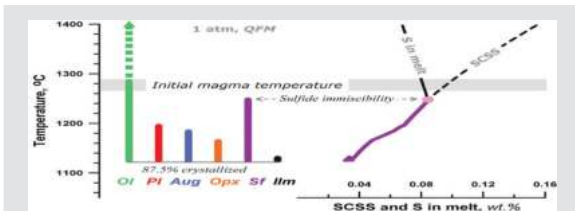
планет-гигантов (Европы, Ганимеда, Каллисто, Титана, Энцелада), см. Рис. 2, выявлены усло-



**Рис. 2.** Модель внутреннего строения Титана при тепловом потоке 5.8 мВт/м<sup>2</sup> и соответствующее распределение температуры (точечная линия) и H<sub>2</sub>O-фаз (воды, льда Ih и высокобарных льдов II, III, V, VI, VII, VIII) с глубиной (H) в составе водно-ледяной оболочки и каменно-ледяной мантии.

вия возникновения водных плюмов Энцелада и атмосферы Титана, исследована зависимость состава кометных ком от физических и динамических параметров кометных ядер.

- Разработана программа КОМАГМАТ-5, которая позволяет моделировать кристаллизацию базальтовых магм в условиях насыщения сульфидной жидкостью (система Fe-Ni-Cu-S), см. Рис. 3. В развитие этой модели



**Рис. 3.** Пример моделирования силикатно-сульфидной несмесимости при фракционировании исходной магмы Бушвелдского комплекса в Южной Африке: слева – порядок кристаллизации породообразующих минералов, справа – вариации содержания серы и SCSS (Sulfur Concentration at Sulfide Saturation) в расплаве.

предложен метод моделирования поведения благородных металлов (ЭПГ+Au+ Ag) и других

халькофильных элементов (Cd, Zn, Pb, Bi, Te) при фракционировании сульфидно-силикатных систем. Высокобарная версия модели SPINMELT-2.0, предназначенная для расчетов термодинамического равновесия шпинелид – расплав при давлениях до 15 кбар, и адаптированная к программе КОМАГМАТ-5, позволит изучить сопряженные эффекты выделения оксидов и сульфидов в широком диапазоне P-T-fO<sub>2</sub> параметров.

## Планы

- Продолжение исследований поведения пылевых кластеров с учетом влияния фрактальной размерности и неоднородности порового пространства на взаимодействие с дисковой средой, расчеты миграции планетезималей в экзопланетных системах с целью оценки возможности доставки воды из-за линии льда к некоторым экзопланетам в зоне потенциальной обитаемости.
- Исследование возможных сценариев образования Луны. Детальная разработка математических моделей химического состава, внутреннего строения и химической дифференциации спутников Земли, Юпитера и Сатурна, согласованных с данными петрологии, геохимии и геофизики.
- Развитие сульфидно-шпинелевой версии ЭВМ-модели КОМАГМАТ-5 предполагает разработку новых методов оценки состава и условий кристаллизации мафит-ультрамафитовых магм в контексте их рудного Cu-Ni-ЭПГ потенциала в различных геодинамических обстановках.
- Решение поставленных вопросов позволит внести существенный вклад в решение приоритетных задач по освоению минеральных ресурсов России, а также в изучение химического состава и внутреннего строения тел Солнечной системы, проводимых в рамках Российских федеральных проектов.





## Развитие биогеохимического направления в ГЕОХИ РАН

В.И. Вернадский в 1926 г. для выделения биогеохимических исследований в самостоятельное направление организует при КЕПСе (Комиссия по изучению производительных сил России) Отдел живого вещества, который в дальнейшем, с 1928 по 1934гг., функционировал в виде Биогеохимической лаборатории (БИОГЕЛ) в Радиевом институте АН СССР.

Научная цель БИОГЕЛ была сформулирована В.И. Вернадским как «познание явлений жизни с геохимической точки зрения». Основные ее задачи, по В.И. Вернадскому, были следующими:

- определение химического элементного состава живых организмов, в том числе для химической характеристики вида;
- выяснение специфики изотопного состава элементов живой материи;
- определение геохимической энергии «живого вещества»;
- определение радиоактивных элементов в живых организмах и исследование вклада радиоактивности в геохимическую энергию «живого вещества».

В марте 1943 года БИОГЕЛ была преобразована в Лабораторию геохимических проблем АН СССР, а в марте 1947 года учрежден Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского (ГЕОХИ РАН), в который вошла БИОГЕЛ, и ее деятельность направлялась академиком А.П. Виноградовым. В настоящее время отдел представлен тремя лабораториями:

### **Лаборатория биогеохимии окружающей среды:**

- генезис, формирование и эволюция природно-техногенных биогеохимических провинций;
- химический элементный состав живого вещества и его биогеохимические параметры;
- геохимическая экология организмов; эколого-биогеохимическое нормирование и районирование таксонов биосферы.

### **Лаборатория геохимии осадочных пород:**

- исследование осадочной оболочки Земли, запечатлевшей «былые биосферы»;
- создание мелкомасштабных литолого-фациальных карт мезозоя-кайнозоя континентов и океанов с целью определения количественных параметров седиментации;
- глобальные и региональные исследования геохимии осадочной оболочки континентов и океана.

### **Лаборатория эволюционной биогеохимии и геоэкологии:**

- антропогенно-обусловленные процессы в биосфере и ее компонентах, эволюция в период техногенеза;
- формирование в ходе эволюции устойчивых круговоротов вещества и энергии на основных этапах истории Земли;
- универсальность механизмов феномена Жизни.



Руководитель отдела  
чл.- корр. РАН  
Т.И. Моисеенко





## Заведующая

### Елена Михайловна Коробова

доктор геолого-минералогических наук

Тел.: +7 (499) 137-46-67

[korobova@geokhi.ru](mailto:korobova@geokhi.ru)

[portal.geokhi.ru/Lab21](http://portal.geokhi.ru/Lab21)



### Основной целью проводимых работ

являются фундаментальные исследования в области биогеохимии и геохимической экологии.

- разработка концепции геохимического строения ноосферы;
- выявление закономерностей формирования, пространственной структуры и эволюции биогеохимических провинций и ноосферы;
- развитие теории и методологии биогеохимических исследований, в т. ч. критериев оценки экологического состояния и риска возникновения негативных биологических реакций;
- совершенствование принципов биогеохимического районирования на разных уровнях организации геосистем;
- развитие новых подходов к предупреждению и ликвидации микроэлементозов и эндемий геохимического генезиса.

### В лаборатории применяются следующие методы исследований:

- сравнительно-географический;
- метод биогеохимической индикации;
- ландшафтно-, фито- и почвенно-геохимические;
- радиоэкологические;
- химико-аналитические (РФА, АЭС, ААС, ЭС, МС, ВЭЖХ, ГХ, ИСЭ и др.);
- методы полевой и лабораторной гамма- и бета-спектрометрии;
- методы геоинформационного анализа;
- метод термодинамического моделирования и др.



Д. б. н.  
**В.В. Ермаков**  
Заведующий лабораторией с 1988 по 2020 гг.

### Основные результаты исследований за последние годы:

- Разработана концепция генетической двуслойности геохимического строения ноосферы и на ее основе создана методология построения карт риска заболеваний геохимической природы в современных природно-техногенных биогеохимических провинциях.
- Созданы новые подходы к биогеохимической индикации биогеохимическому нормированию эколого-геохимического состояния окружающей среды.
- Установлены критические факторы развития урвской эндемии Восточного Забайкалья, флюороза, заболеваний щитовидной железы в зоне воздействия аварии на Чернобыльской АЭС.
- За последнее время опубликованы три монографии: по оксидативному стрессу и здоровью сельскохозяйственных животных (Сафонов В.А., Нежданов А.Г., 2016),



Зависимость реакций организмов от концентраций макро- и микроэлементов в среде как основа для биогеохимического нормирования

Лаборатория берет начало от Биогеохимической лаборатории (БИОГЕЛ), созданной В.И. Вернадским в 1928 г. и реорганизованной в 1943 г. в Лабораторию геохимических проблем, которая явилась одним из базовых научных подразделений при создании в 1947 г. ГЕОХИ АН СССР. С 1947 г. по 1954 г. лабораторию возглавлял академик А.П. Виноградов, а с 1954 г. по 1984 гг. - член-корреспондент ВАСХНИЛ В.В. Ковальский. На протяжении 1984–1987 гг. она находилась в составе лаборатории геохимии углерода и биогеохимии, но в 1987 году была восстановлена в качестве самостоятельного подразделения как лаборатория биогеохимии окружающей среды. В 1987–1988 гг. ею руководил проф., д.г.н. В.В. Добровольский, а с 1988 г. по 2020 г. - проф., д.б.н. В.В. Ермаков. В разные годы в ней работали проф. Д.П. Малюга проф. С.М. Манская, проф. С.В. Летунова, проф. Г.А. Яровая, д.г.-м.н. Т.В. Дроздова, д.б.н. Е.А. Бойченко, д.х.н. Ф.И. Павлоцкая, Е.А. Карпова, кандидаты наук Т.Ф. Боровик-Романова, Л.А. Кодина, М.П. Богачева, Т.М. Удельнова, Р.И. Блохина, И.К. Шахова, И.Е. Воронницкая, М.К. Масляная, А.И. Макарова, В.С. Лекарев, И.Ф. Грибовская, Н.С. Петрунина, Г.А. Андрианова, Н.Л. Зворыкина (Чепурко), С.А. Алексеева, Э.Б. Тюрюканова, Н.И. Конова, В.А. Кривицкий, Е.П. Жогова, Е.В. Кречетова, и другие известные специалисты разного профиля. В настоящее время в ее составе 14 человек, в т. ч. 4 доктора наук, 3 кандидата наук и молодые ученые.

биогеохимической индикации микроэлементов (Ермаков В.В., Тютиков С.Ф., Сафонов В.А., 2018), теоретико-методологическому анализу эколого-геохимических проблем современной ноосферы (Коробова, 2019)., 66 научных статей, из них 31 – в журналах, входящих в БД WoS и Scopus.

- Получены три патента РФ на разработанные методические подходы и шесть свидетельств о регистрации баз данных.

- Выполнены шесть и в настоящее время выполняются еще один проект по грантам РФФИ.

Результаты исследований неоднократно представлялись на всероссийских и международных конференциях, проходивших в Москве, Санкт-Петербурге, Туле, Томске, Тюмени, Обнинске, Белгороде, Белграде (Сербия), Вене (Австрия), Манчестере (Великобритания), Брюсселе (Бельгия), Лейпциге (Германия), Берне (Швейцария), Лиссабоне (Португалия), Осаке (Япония). Лионе (Франция) и др.

С 1999 г. лаборатория регулярно проводит всероссийскую школу по биогеохимии с международным участием, ежегодно организует чтения памяти В.В. Ковальского и продолжает выпуск Трудов биогеохимической лаборатории, первый том которых вышел по инициативе В.И. Вернадского в 1930 г., а последний - XXVI – в 2017 г.

## Международное сотрудничество

Лаборатория постоянно поддерживала и поддерживает международные контакты с организациями и учеными других стран (Республики Беларусь, Киргизстана, Армении, Молдовы, Болгарии, Испании, Великобритании, Норвегии и др.). Ведущие сотрудники являются членами международных научных организаций.

На базе лаборатории проходят производственные практики студенты МГУ им. М.В. Ломоносова, РУДН и РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева.



Пример построения карты сочетанного риска заболеваний геохимической природы



Высокий уровень аккумуляции ртути почвенными микроорганизмами и растениями рудников, демонстрирующий потенциальную возможность детоксикации загрязненных почв при удалении фитомассы

## Лаборатория геохимии осадочных пород



### Заведующий

### Михаил Аркадьевич Левитан

доктор геолого-минералогических наук

+7 (495) 939-70-06

[m-levitan@mail.ru](mailto:m-levitan@mail.ru)

[portal.geokhi.ru/Lab22](http://portal.geokhi.ru/Lab22)



#### Основные направления исследований:

- создание литолого-палеогеографических и литолого-фациальных карт континентов и океанов для мезозоя-квартера;
- изучение литологии и геохимии современных, голоценовых и верхнеплейстоценовых осадков Северного Ледовитого океана и субарктических морей.

#### Методы исследований:

- геологическое картирование;
- фациально-генетический анализ;
- объемный метод анализа литолого-палеогеографических и литолого-фациальных карт;
- компонентный, гранулометрический, минералогический и геохимический анализы;
- математическая статистика;
- батиметрический анализ.

#### Международная кооперация:

- Центр Гельмгольца по полярным и морским исследованиям – Институт полярных и морских исследований им. Альфреда Вегенера (Бремерхафен, Германия);
- Первый Океанографический институт (Циндао, КНР).

#### Основные достижения:

- создан комплект из 26 мелкоаппаратных литолого-фациальных карт для триаса-плиоцена Циркумарктического региона; установлено, что мезозойско-кайнозойская история осадконакопления здесь в основном определяется глобальными

закономерностями. Региональные тренды имеют подчиненное значение;

- для изучения плейстоценовой истории седиментации в Мировом океане создан комплект из 54 обзорных литолого-фациальных карт для двух возрастных срезов: неоплейстоцена и эоплейстоцена. Они обчислены с помощью объемного метода А.Б. Ронова. Полученные количественные параметры позволили установить основные тренды литогенной, карбонатной и кремнистой седиментации в плейстоцене. Они обусловлены сочетанием эволюции неотектонических движений на континентах, истории глобального оледенения на континентах и в океанах, колебаний уровня Мирового океана;

- для Северного Ледовитого океана показано, что в современную эпоху роль ледового материала в донных осадках не превышает первых процентов.

Под руководством А.Б. Ронова опубликованы более 10 томов Атласов литолого-палеогеографических и палеотектонических карт Восточной Европы, территории СССР и Мира, отражающих эволюцию седиментации и вулканизма от докембрия до плиоцена. По материалам карт издано более 10 монографий. Атласы Мира и серия монографий «Историческая геотектоника т. 1-3» и «Стратисфера или осадочная оболочка Земли» отмечены в 1994 г. государственной премией РФ (А.Б. Ронов, В.Е. Хаин, А.Н. Балуховский, К.В. Сеславинский).

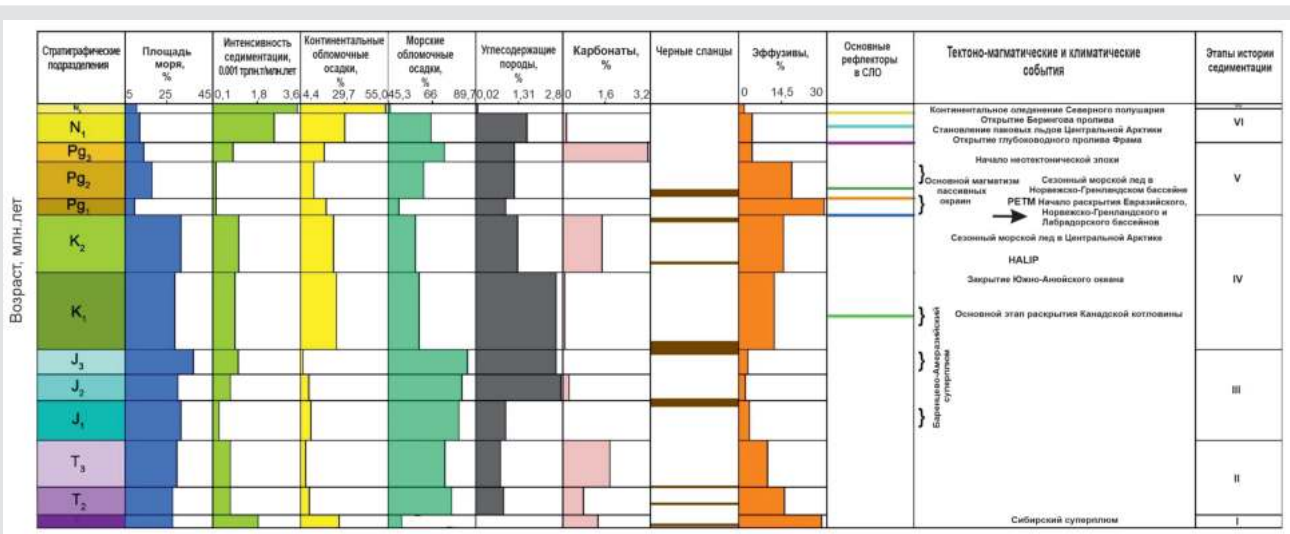
За исследование истории осадконакопления в морских и океанических бассейнах Южного океана, Арктики и Субарктики в течение кайнозоя с уделением особого внимания последнему климатическому циклу М.А. Левитаном получены премия РАН им. О.Ю. Шмидта в 2010 г. и премия издательства «Интерпериодика/Наука» в 2014 г.

# Отдел биогеохимии и геоэкологии

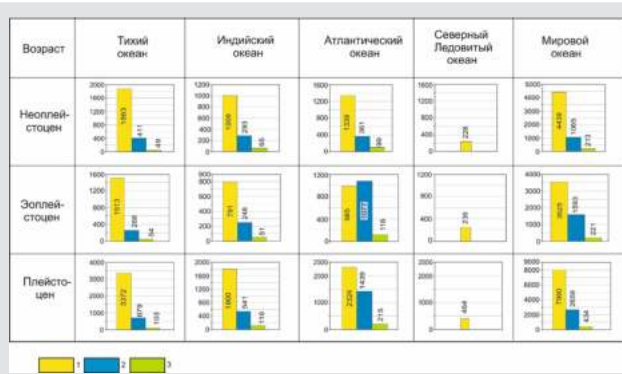
Лаборатория была создана в 1950 году академиком А.Б. Роновым, который предложил объемный метод как основу количественной геохимической истории стратисферы.

В Лаборатории в разные годы работали такие крупные специалисты как академик В. Е. Хаин, проф. А. А. Ярошевский, проф. Н. А. Ясаманов, проф. А.Ю. Леин; А. А. Мигдисов, А. П. Казаков, Ю. П. Гирин, А.Н. Балуховский, К. Н. Сеславинский и многие другие. В 2004 г. Лаборатория слилась с Лабораторией геохимии и литологии донных осадков Мирового океана и объединенную лабораторию возглавил М.А. Левитан. В 2016 г. в Лабораторию перешли 3 сотрудника лаборатории геоморфологии и тектоники дна океана.

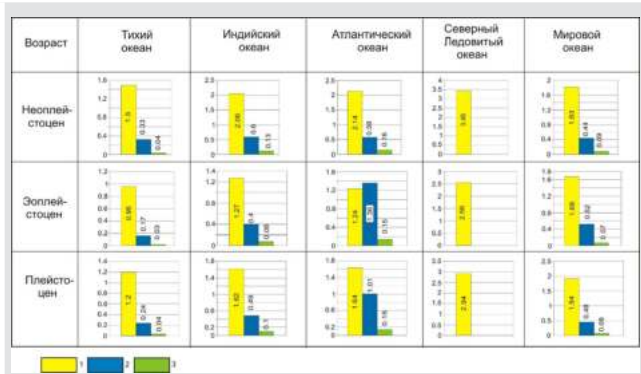
В настоящее время в лаборатории работают 9 научных сотрудников (из них 2 доктора наук, и 1 кандидат наук) и 4 сотрудника без ученой степени.



Основные этапы седиментации Mz-Kz Циркум-Арктического региона



Средневзвешенный литологический состав плейстоценовых отложений Мирового океана (в 10<sup>18</sup> г). Условные обозначения: 1 - литогенное вещество; 2 - CaCO<sub>3</sub>; 3 - биогенный опал



Распределение абсолютных масс (г/см<sup>2</sup>/тыс. лет) основных осадкообразующих компонентов плейстоценовых отложений Мирового океана. Условные обозначения: 1 - литогенное вещество; 2 - CaCO<sub>3</sub>; 3 - биогенный опал.

# Лаборатория эволюционной биогеохимии и экологии



## Заведующая

**Татьяна Ивановна Моисеенко**

доктор биологических наук, профессор,  
член-корреспондент РАН

Тел.: +7 (499) 137-72-00  
[moiseenko@geokhi.ru](mailto:moiseenko@geokhi.ru)

[www.aquaticecology.ru](http://www.aquaticecology.ru)  
[portal.geokhi.ru/Lab23](http://portal.geokhi.ru/Lab23)



## Направления исследований

- эволюционные процессы в биосфере в современный период антропогенных нагрузок и потепления климата; механизмы самоорганизации ландшафтов и водных экосистем;
- формы миграции элементов, их биодоступность и экотоксичность в природных средах, включая радионуклиды;
- биогеохимические процессы в водных и наземных экосистемах; анализ долговременных изменений природных сред, включая локальные и глобальные изменения; исследование восстановления и биогеохимической адаптации экосистем и организмов в период снижения загрязнения;
- исследование ландшафтных факторов биогеохимической миграции на примере моделирования латеральной и радиальной миграции. Эволюция и самоорганизации

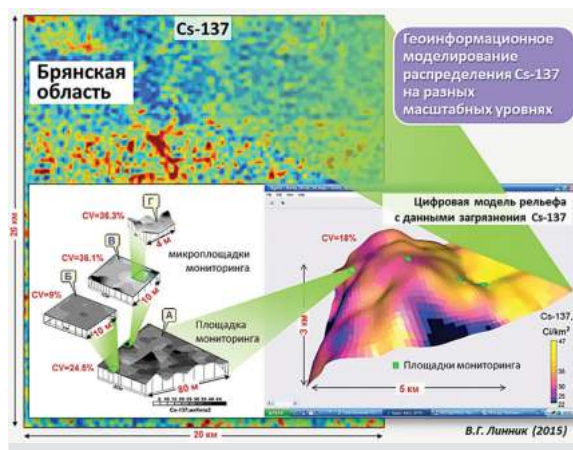


Схема круговорота антропогенно-привнесенных элементов и веществ в сферах Земли:  
Me – металлы с экотоксичными свойствами;  
CO<sub>2</sub> – стойкие органические загрязняющие вещества (суперэкоотоксиканты); NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> – кислотообразующие газы; P – фосфор и N – азот, биогенные элементы, стимулирующие эвтрофирование водных систем

ландшафтов в условиях техногенного загрязнения; изучение мультимасштабной структуры техногенных геохимических полей; детерминированные и стохастические процессы трансформации техногенных геохимических полей.

## Научные достижения

- Определены факторы и механизмы развития антропогенно-индуцированных процессов в биосфере, преобразования биогеохимических циклов и загрязнения природных сред в условиях антропогенных нагрузок и потепления климата. Развита теория критических антропогенных нагрузок на природные комплексы и разработаны алгоритмы их расчетов по факторам загрязнения (Моисеенко Т.И.).
- 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. (Линник В.Г.).



**Лаборатория была создана в июле 2008 г.** в связи с необходимостью развития научного наследия В.И. Вернадского о биосфере и понимания ее эволюции в прошлом и в современный период антропогенных преобразований на планете. Первым заведующим Лаборатории стал академик Михаил Александрович Федонкин. С января 2010 г. Лабораторией руководит член-корреспондент РАН Татьяна Ивановна Моисеенко.

В составе Лаборатории 9 человек, из них 3 доктора и 4 кандидата наук.

- На основе анализа поведения ртути в технологических процессах ртутных и нертутных производств, при очистке стоков и промышленных выбросов установлен геохимический цикл ртути в техногенных ландшафтах, круговорота и воздействия на природные экосистемы и здоровье населения и (Таций Ю.Г.)

- Выявлены тенденции глобальных преобразований химического состава поверхностных вод суши в широтной географической зональности (от зоны тундры до аридной и субтропической) в условиях изменяющегося климата и трансграничного атмосферного переноса загрязняющих веществ на Европейской территории России и Западной Сибири. Дана оценка возможного потепления климата на показатели химического состава вод. Изучены закономерности накопления металлов в организме рыб как отражение геохимического фона и антропогенной нагрузки на водные объекты, что имеет первостепенное значение для медико-географических исследований (Гашкина Н.А., Моисеенко Т.И.).



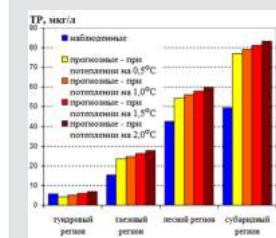
Академик  
**М.А. Федонкин**  
Заведующий  
лабораторией  
с 2008 по 2009 гг.

компьютерную программу расчета равновесных форм распределения металлов в 140 малых озерах разных природно-климатических (Дину М.И.).

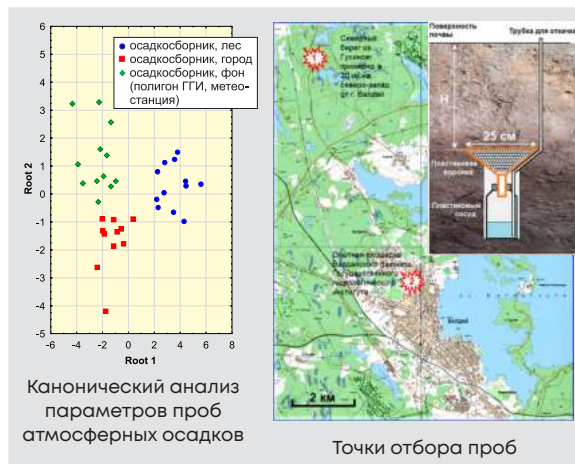
- Выявлены особенности биогеохимической миграции элементов и органических веществ в системе «атмосферные осадки – лизиметрические воды – воды озера» на модельном объекте «Валдайский национальный парк» (сотрудничество с Государственным Гидрологическим Институтом и Валдайским национальным парком). Оценены механизмы распределения элементов по формам в зависимости от климатического сезона и антропогенного влияния, а также изучены сезонные изменения протекторных свойств органических веществ (Дину М.И., Баранов Д.Ю., Таций Ю.Г.)



Схема точек исследований качества вод



Прогнозные концентрации фосфора (ТР) в различных природно-климатических зонах в зависимости от возможного повышения температуры



Лаборатория выполняет исследования по темам Института, программам Президиума РАН, проектам РФФИ и РФФИ, в рамках крупного международного проекта (в составе 22 стран мира): International cooperative program on Assessment and Monitoring of Acidification of Rivers and Lakes (с 2007 г. - по настоящее время).

Лаборатория ведет исследования по теме госбюджета: «Развитие теории биогеохимической эволюции природных систем в условиях изменяющихся антропогенных нагрузок и климатических условий: оценка допустимых воздействий» (2019-2023)», а также по грантам РФФИ.

Сотрудники проводят активную экспертную работу по линии Министерства науки и образования РФ, преподавательскую деятельность, участвуют в подготовке научно-методических пособий для студентов и аспирантов, возглавляют аттестационные комиссии.



Отдел морских исследований во главе с д.т.н. В.Н. Носовым создан в институте в январе 2012 года.

В настоящее время отдел включает в себя лабораторию физико-химических процессов и динамики поверхности океана и лабораторию радиохимии окружающей среды.

Кроме подготовки и проведения морских экспедиций в рамках работ, выполняемых отделом, отдел морских исследований активно участвует в мероприятиях по подготовке и проведению морских экспедиций, выполняемых другими подразделениями Института.



Руководитель отдела  
д. т. н.  
В. Н. Носов



Научно-исследовательское судно "Академик Борис Петров"

С 1984 по 2015 гг. находилось в структуре Института. На нем проводились многочисленные экспедиции в разных районах Мирового океана.



# Лаборатория физико-химических процессов и динамики поверхности океана



## Заведующий

### Виктор Николаевич Носов

доктор технических наук

Тел.: +7 (499) 137-33-25

[viktor\\_nosov@mail.ru](mailto:viktor_nosov@mail.ru)

[portal.geokhi.ru/Lab32](http://portal.geokhi.ru/Lab32)



## Основные направления исследований:

Лабораторией проводятся теоретические и экспериментальные исследования различных гидродинамических процессов, происходящих на морской поверхности и в приповерхностных слоях морской среды и атмосферы. В процессе исследований проведен ряд фундаментальных исследований и более 10 НИР, выполненных в интересах военно-морского флота. Сотрудниками ла-

боратории сделали большой вклад в развитие и внедрение лазерно-оптических методов дистанционного зондирования морской поверхности и приповерхностных слоев морской среды и атмосферы. Создан целый ряд лазерно-оптических регистраторов судового и авиационного базирования (ЛОР), реализующий комплексный подход к исследованию морской среды, в составе:



судового сканирующего локатора  
морского волнения (ССЛЛ)



аэрозольного лидара  
(АЛ)



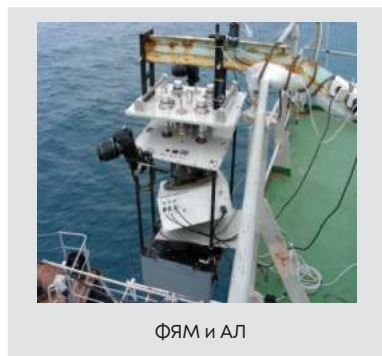
фотометра яркости моря  
(ФЯМ)

С использованием этих макетов выполнены многочисленные лабораторные и натурные эксперименты.

Выполнены натурные исследования при размещении комплекса ЛОР на борту научно-исследовательского судна и на борту самолета.

**Лаборатория создана в 2010 г.** в результате реорганизации сектора динамики поверхности океана лаборатории геоэкологии.

Состав лаборатории: 13 сотрудников, в т.ч. 3 доктора наук, 5 кандидатов наук.



ФЯМ и АЛ



ССЛЛ



АСЛЛ и ФЯМ на самолете

Результаты натуральных исследований получены в более чем 20 морских экспедициях, выполненных в различных районах Мирового океана. В ходе этих работ убедительно показано, что различные про-

цессы, происходящие в толще океана, могут эффективно регистрироваться по их проявлениям на морской поверхности и в приповерхностных слоях морской среды и атмосферы.

Выполняются лабораторные модельные исследования струй, вихрей, потоков пузырьков при наличии волнения путем регистрации оптических сигналов отраженных от водной поверхности, рассеянных в приповерхностных слоях воды и атмосферы.

Разрабатываются алгоритмы и программное обеспечение для выделения аномалий в сигналах макетов ЛОР, отвечающих воздействию гидродинамических возмущений на морскую среду.



В 2013-2015 годах лаборатория принимала участие в проведении космического эксперимента по цифровой фоторегистрации с борта Международной космической станции аномальных структур на поверхности океана в виде следа судна. В рамках этой работы сотрудники лаборатории с использованием комплекса ЛОР обеспечивали измерения характеристик морской поверхности и приповерхностных слоев морской среды и атмосферы, а также выполняли обработку полученных цифровых фотоснимков

на основе разработанных алгоритмов и программного обеспечения.

Исследования лаборатории получили обобщение в более чем 80 научных публикациях и 3 патентах.

Работы лаборатории отмечены многократными присуждениями ее сотрудникам стипендии оборонно-промышленного комплекса Российской Федерации.

В лаборатории подготовлен один кандидат наук.

## Лаборатория радиохимии окружающей среды



### Заведующий

#### Александр Павлович Новиков

доктор химических наук,

лауреат Премии правительства РФ

Тел.: (499) 137-19-17

[novikov@geokhi.ru](mailto:novikov@geokhi.ru)

[portal.geokhi.ru/Lab34](http://portal.geokhi.ru/Lab34)



#### Основные направления исследований:

- анализ объектов окружающей среды на содержание и физико-химические формы нахождения радионуклидов;
- изучение закономерностей и путей миграции техногенных радионуклидов в поверхностных и подземных биогеоценозах, включая морские акватории Российской Арктики;
- разработка новых высокоэффективных и экспрессных методов радиохимического анализа объектов окружающей среды;
- разработка методов контроля и очистки водных сред от примесей радиоактивных веществ и других экотоксикантов.

#### Методы исследования:

- методы радиохимического анализа;
- методы фракционирования физико-химических форм радионуклидов;
- спектральные и люминесцентные методы определения физико-химических форм нахождения радионуклидов.

#### Междисциплинарные исследования:

физико-химические формы и миграция долгоживущих техногенных радионуклидов в природных водах разного генезиса с учетом биогеохимических факторов (совместно с ИФХЭ РАН и ФИЦ Биотехнологии РАН).

#### Основные достижения:

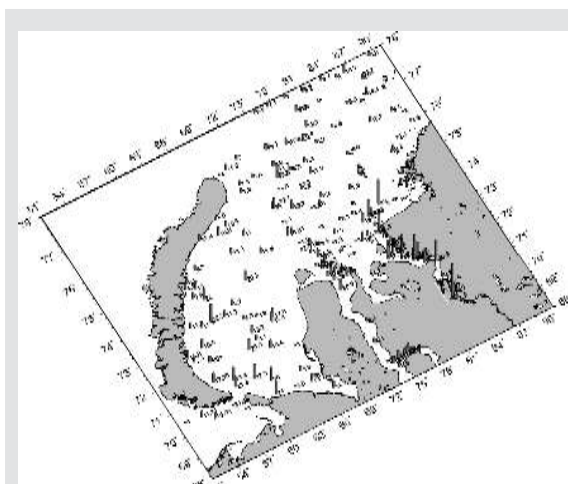
- проведен радиозокологический мониторинг зон предприятий ЯТЦ (Красноярский ГХК, Кирово-Чепецкий ХК, аварийный промышленный ядерный взрыв «Кратон-3»); впервые идентифицированы истинные коллоиды урана, нептуния и плутония в пластовых водах полигона захоронения радиоактивных отходов (ФГУП СХК); определен минералогический состав природных псевдоколлоидов и почвенных частиц, аккумулирующих актиниды; определены группы и фракции органического вещества почв, наиболее прочно связывающих радионуклиды;
- проведены крупномасштабные исследования по изучению радиозокологической обстановки в акваториях Арктического бассейна России; выявлены корреляционные связи в горизонтальном распределении радионуклидов в донных отложениях с параметрами литологического и минерального состава осадков; сделана оценка роли взвешенного материала и растворенных органических веществ на перенос и поведение радионуклидов в морской воде;
- впервые определены коэффициенты биологического поглощения наиболее подвижного и биологически значимого радионуклида – нептуния в природной среде;
- созданы экспериментальные образцы приборов для экологического и технологического мониторинга водных сред, реализующие новые принципы измерения, позволяющие производить мониторинг в реальном времени, оперативно, в автоматическом режиме и без использования реагентов.

**Лаборатория образована в 2011 году** на основе объединения части сотрудников лабораторий радиохимии и лаборатории морской геоэкологии.

Состав лаборатории: 20 сотрудников, из которых 1 имеет степень доктора наук, 4 – кандидатскую степень, 9 молодых специалистов (младше 39 лет)

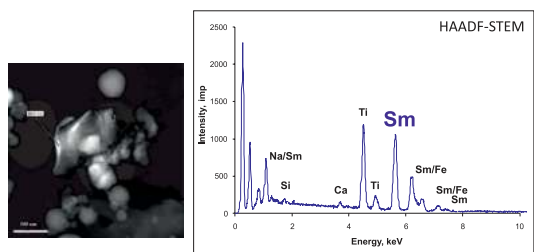
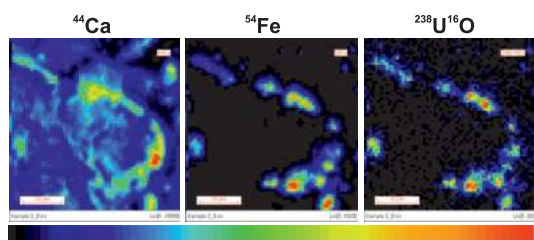
## Морские экспедиционные исследования:

- Карское море, 2011, 2012 МСК «Неотразимый». А.В. Травкина, Е.М. Сизов
- Белое море, 2013, 2014 НИС «Эколог». В.Д. Володин
- Карское море, море Лаптевых, 2016 НИС «Академик Мстислав Келдыш». Е.М. Сизов
- Карское море, море Лаптевых, Восточно-Сибирское море, 2017 НИС «Академик Мстислав Келдыш». В.Д. Володин
- Карское море, море Лаптевых, Восточно-Сибирское море, 2019 НИС «Академик Мстислав Келдыш». А.В. Травкина, В.Д. Володин
- Карское море, море Лаптевых, Восточно-Сибирское море, 2020 НИС «Академик Мстислав Келдыш». А.М. Емельянов



Содержание Cs-137 в поверхностном слое осадков арктического бассейна

## Масс-спектрометрия вторичных ионов



Впервые изучен состав коллоидных частиц, аккумулирующих радионуклиды, в подземных и поверхностных водах



Буй радиационного контроля

Мониторинг радиационной обстановки вблизи подводных потенциально опасных объектов.

*Способ использования:*

- Якорная постановка.

*Всплытие на поверхность:*

- При превышении установленного порога радиоактивности,
- по таймеру,
- по гидроакустическому вызову,
- при неисправностях.

*Передаваемая на e-mail информация через спутник:*

- Координаты,
- код причины всплытия,
- спектры радиационного фона.

## Мемориальный кабинет-музей академика В.И. Вернадского



### Хранитель кабинета-музея

#### Ирина Николаевна Ивановская

кандидат геолого-минералогических наук

Тел.: +7 (499) 137-86-11

[irina@geokhi.ru](mailto:irina@geokhi.ru)

[portal.geokhi.ru/Vernadskymuseum](http://portal.geokhi.ru/Vernadskymuseum)



Владимир Иванович Вернадский – один из крупнейших русских естествоиспытателей XX века, геолог, кристаллограф, минералог, геохимик, радиолог, биогеохимик, создатель учения о биосфере, философ, историк, создатель многих научных организаций и известный общественный деятель, которого мы с полным правом можем считать гордостью отечественной науки. Его творческая энергия, умение видеть глубже и дальше других, понимание гражданской ответственности ученых оказали огромное влияние на развитие наук о Земле, на деятельность Академии наук СССР, на развитие производительных сил страны, на мировоззрение многих поколений ученых.

Вся научная и педагогическая деятельность Владимира Ивановича была, в основном, связана с Московским Университетом и с Академией наук. Созданная ученым еще в 1926 г. Биогеохимическая лаборатория (БИОГЕЛ) в 1943 году была переименована в Лабораторию геохимических проблем им. В.И. Вернадского, а в 1947 году лаборатория была преобразована в Институт геохимии и аналитической химии



академик  
В.И. Вернадский  
(1863 - 1945).  
С портрета работы  
А.Е. Елецкого.

им. В.И. Вернадского Академии  
Наук СССР (ГЕОХИ АН СССР).

Согласно распоряжению Президиума АН СССР от 5 октября 1945 года № 504, для увековечения памяти о научной, организационной, общественно-политической деятельности академика В.И. Вернадского, при строительстве нового здания Института в его архитектурный план была включена комната в главном корпусе (комн. 227), повторяющая планировку домашнего кабинета в квартире ученого, располагавшейся в Москве, на



Общий вид кабинета-музея В.И. Вернадского

Старом Арбате, в тихом Дурновском переулке, где ученый прожил последние 10 лет жизни.

Открытие мемориального кабинета-музея состоялось 20 мая 1953 г. и было приурочено к 90-летней годовщине со дня рождения В.И. Вернадского.

Посещение Музея - это путешествие во времени в рабочую обстановку кабинета ученого конца XIX века. Посетитель как бы попадает в атмосферу того времени - старинная мебель, библиотека, насчитывающая более 7000 наименований, фотографии и портреты членов семьи, родственников, друзей и коллег ученого. Все расставлено и развешено в музее так, как это было сделано в последнем домашнем кабинете руками самого Владимира Ивановича. Кабинет-музей академика В.И. Вернадского входит в структуру ГЕОХИ РАН как самостоятельное научное подразделение Института. Основное направление научно-исследовательской работы музея - это всестороннее изучение и популяризация идейного наследия В.И. Вернадского, освещение различных этапов



Письменный стол отца В.И. Вернадского.  
На стене - фотографии друзей

биографии ученого, знакомство с его организаторской и общественно-политической деятельностью. За полувековой период существования музея, его хранителями опубликовано свыше 100 научно-популярных статей, брошюр и книг о В.И. Вернадском, расшифрованы и опубликованы тексты его дневников и писем.

Музей посещают около 300 человек в год. Среди посетителей - ученые из США, Китая, Японии, Польши, Чехословакии, Германии, Франции и других стран. В традицию музейной работы вошло проведение систематических экскурсий для студентов старших

курсов естественно-научных высших учебных заведений и введение в их учебную программу материалов, отражающих жизнь, научную и общественно-политическую деятельность академика В.И. Вернадского. В настоящее время музей организует экспозиции и выездные выставки, посвященные В.И. Вернадскому, в различных городах России и за рубежом.



Рабочий стол В.И. Вернадского



Часть большой библиотеки ученого

## Группа «Научное наследие В.И. Вернадского и его школы»



### Руководитель

#### Евгений Петрович Янин

Кандидат геолого-минералогических наук,

Отличник разведки недр

Тел.: +7 (495) 939-70-69

[portal.geokhi.ru/Lab54](http://portal.geokhi.ru/Lab54)



Творческое наследие академика В.И. Вернадского, его учеников и последователей, документы, относящиеся к их жизни и деятельности, имеют непреходящее научное, прикладное, познавательное и просветительское значение, важны для понимания современного состояния и дальнейшего развития различных отраслей геологической науки, аналитической химии и естествознания в целом, для познания истории развития мировой и отечественной научной мысли, а также для организации научных исследований, высшего образования и народного просвещения, для обоснования принципов рационального природопользования и оценки преобразования биосферы в современных условиях.

Основная цель и важнейшие задачи исследования, стоящие перед Группой, заключаются в изучении творческого наследия В.И. Вернадского и его учеников, в поиске и анализе архивных (неопубликованных) и малоизвестных материалов и документов научного, научно-организационного, публицистического, эпистолярного, дневникового, биографического характера, в их систематизации, обработке, в снабжении необходимыми информационно-справочными сведениями, подготовке к введению в научный, культурный и общественный оборот. Важное значение отводится также популяризации творческого наследия В.И. Вернадского и представителей его школы.

### Результаты исследований.

К настоящему времени результаты исследований изложены в многочисленных статьях, а также в следующих изданиях:

Вернадский В.И. Собрание сочинений в 24 т. / Под редакцией академика Э.М. Галимова. – М.: Наука, 2013.

Бюллетень Комиссии РАН по разработке научного наследия академика В.И. Вернадского, 2001–2019, № 15–23.

Яншина Ф.Т. (составитель) В.И. Вернадский. Живое вещество и биосфера. – М.: Наука, 1994.

Волков В.П. (публикатор) Вернадский В.И. Публицистические статьи. – М.: Наука, 1995.

Яншина Ф.Т. Эволюция взглядов В.И. Вернадского на биосферу и развитие учения о ноосфере. – М.: Наука, 1996.

Волков В.П. (публикатор) Вернадский В.И. Дневники: Март 1921 – август 1925. – М.: Наука, 1998.

Яншина Ф.Т. Развитие философских представлений В.И. Вернадского. М.: Наука, 1999. 142 с.

Волков В.П. (публикатор) Вернадский В.И. Дневники: 1926–1934. – М.: Наука, 2001.

Яншина Ф.Т. (составитель) А.Л. Яншин. Из неопубликованного. – М.: Наука, 2003.

Волков В.П. (публикатор) Вернадский В.И. Дневники, 1935–1941: в 2 кн. Кн. 1. – М.: Наука, 2005.

Волков В.П. (публикатор) Вернадский В.И. Дневники. 1935–1941: в 2 кн. Кн. 2. – М.: Наука, 2005.

Виноградова Л.Д. Александр Павлович Виноградов: творческий портрет в воспоминаниях учеников и соратников: к 110-летию со дня рождения. – М.: Наука, 2005.

В 1993 г. в ГЕОХИ РАН был организован Сектор «Научное наследие В.И. Вернадского и его школы», который в 1998 г. преобразован в Группу «Научное наследие В.И. Вернадского и его школы» – самостоятельное структурное научно-исследовательское подразделение, к которому примыкают Мемориальный кабинет-музей академика В.И. Вернадского и Мемориальный кабинет-музей академика А.П. Виноградова. В разное время в нем работали доктор геол.-мин. наук С.М. Александров, доктор геол.-мин. наук В.П. Волков, кандидат геол.-мин. наук А.П. Жидикова, канд. экономических наук В.С. Чесноков, доктор философ. наук Ф.Т. Яншина. В 1999–2020 г. научным руководителем Группы был академик Э.М. Галимов.

В настоящее время в Группе работают 6 сотрудников, включая 4-х кандидатов наук.

Чесноков В.С. Сергей Андреевич Подолинский. 1850–1891. – М.: Наука, 2006.

Виноградова Л.Д. (публикатор) «Я не мог пройти мимо науки...» О жизни и деятельности академика А.П. Виноградова. – М.: Наука, 2007.

Филиппова Н.Ф., Чесноков В.С. (публикаторы) Вернадский В.И. Письма Н.Е. Вернадской. 1909–1940. – М.: Наука, 2007.

Волков В.П. (публикатор) Вернадский В.И. Дневники. Июль 1941 – август 1943. – М.: РОССПЭН, 2010.

Чесноков В.С. Этюды по истории научной мысли. – М.: Исследователь / Researcher, 2010.

Галимов Э.М. Об академике В.И. Вернадском (к 150-летию со дня рождения). – М.: Наука, 2013.

Чесноков В.С. Владимир Иванович Вернадский: великий российский ученый (к 150-летию со дня рождения). – М.: Фонд «Инфосфера», 2014.

Чесноков В.С. Из истории научной мысли. – М.: Русский Мир, 2018.

Янин Е.П. Техногенные речные илы (условия формирования, вещественный состав, геохимические особенности). – М.: НП «АРСО», 2018.

Янин Е.П. Очерки жизни и деятельности академика В.И. Вернадского. – М.: ГЕОХИ РАН, 2018.

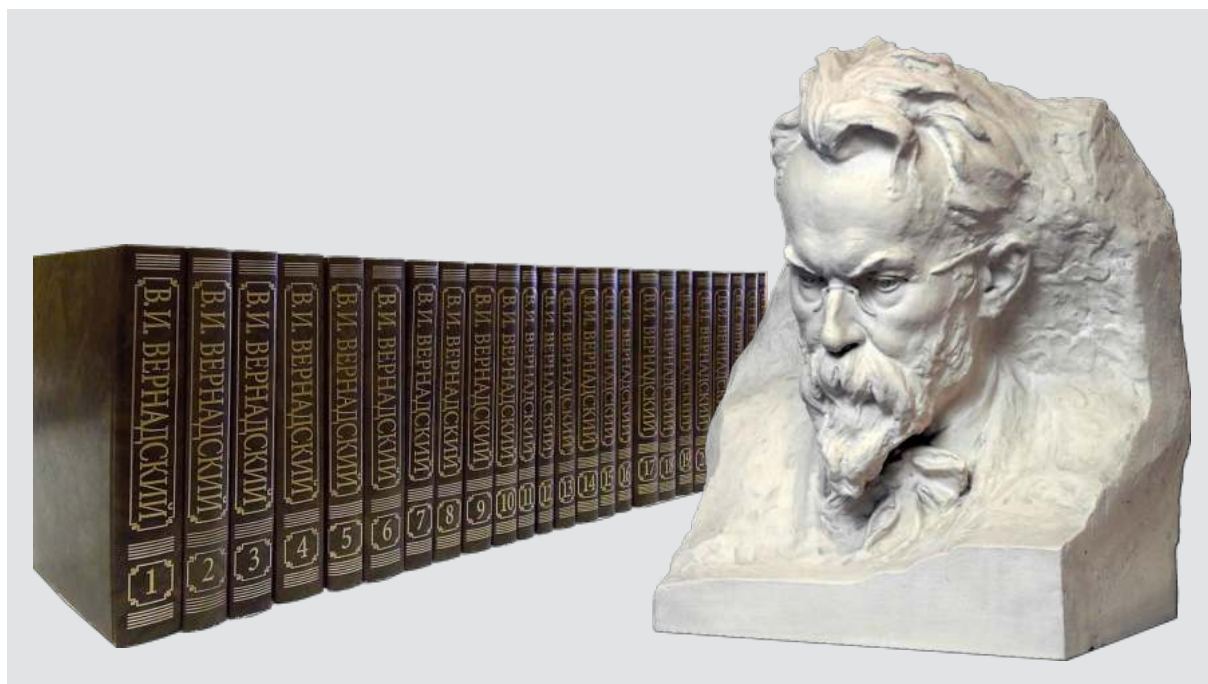
Yanin E.P. Material Composition and Geochemical Characteristics of Technogenic River Silts // Geochemistry International, 2019, Vol. 57, № 13, p. 1361–1454.

Янин Е.П. Коррозия как источник загрязнения окружающей среды. – М.: НП «АРСО», 2020.

Янин Е.П. Геохимия речной эпифитовзвеси в зоне влияния промышленного города. – М.: НП «АРСО», 2020.

Янин Е.П. Платиновые металлы в окружающей среде (эколого-геохимические аспекты). – М.: НП «АРСО», 2021.

Янин Е.П. Из архивного наследия академика В.И. Вернадского. История геологических наук и научного знания. – М.: НП «АРСО», 2021.





## Мемориальный кабинет-музей академика А.П. Виноградова



**Хранитель кабинета-музея**

**Лориана Донатовна Виноградова**

Тел.: (495) 939-77-00

[loriana.vinogradova@mail.ru](mailto:loriana.vinogradova@mail.ru)

[portal.geokhi.ru/Vinogradovmuseum](http://portal.geokhi.ru/Vinogradovmuseum)



Сотрудник, ученик, а потом и соратник В.И. Вернадского, его заместитель по Биогеохимической лаборатории (1926-1944 гг.), Александр Павлович Виноградов внес выдающийся вклад в развитие наук о Земле. Круг его интересов был чрезвычайно широк: химический состав живого вещества и биосферы, биогеохимические провинции, фотосинтез, явления изотопии, теоретические основы аналитической химии и методы определения химических элементов в различных природных объектах и промышленных продуктах, методы аналитического контроля производства делящихся материалов для атомной промышленности и многое другое. Создавая в 1947 г. на базе Лаборатории геохимических проблем им. В.И. Вернадского новый институт – ГЕОХИ АН СССР, который он возглавлял до своей кончины в 1975 г., ученый развивает подходы В.И. Вернадского к



академик  
А.П. Виноградов  
(1895 - 1975)

изучению Земли как планетного тела и организует научные лаборатории, охватывающие своими исследованиями ключевые и перспективные направления науки: космохимию, планетологию, метеоритику, геохимию земной коры и верхней мантии Земли, геохимию океана, геохимию изотопов и геохронологию, биогеохимию и радиогеохимию, методы разделения и концентрирования вещества, радиохимию, экологию и др., являясь основоположником ряда этих научных направлений. Будучи замечательным педагогом, Александр Павлович одновременно создает и возглавляет кафедру геохимии в МГУ им. М.В. Ломоносова (1952 г.), воспитав целую плеяду учеников, которые в дальнейшем стали крупными учеными. Системный подход ученого к организации науки приводит его к созданию профильных журналов ЖАХ (1946) и Геохимия (1955), второго геохимического цен-



Общий вид кабинета-музея А.П. Виноградова

**Мемориальный кабинет-музей создан по постановлению Президиума АН СССР № 905 от 25 декабря 1975 г. с целью увековечения памяти выдающегося естествоиспытателя и организатора науки, академика Александра Павловича Виноградова.**



Рабочий стол А.П. Виноградова

тра – Института геохимии СО АН СССР (1957), ныне – имени А.П. Виноградова, он организует и возглавляет Секцию наук о Земле в структуре Президиума академии Союза (1968 - 1975 гг.).

Кабинет-музей размещен в двух комнатах главного корпуса ГЕОХИ и входит в структуру института как научно-исследовательское подразделение. В задачи музея входит изучение, анализ и популяризация научного наследия А.П. Виноградова, издание избранных трудов, книг, публикация статей в научной периодической печати, выступления с докладами на конференциях и симпозиумах, участие в выставках, создание тематических стендов, проведение экскурсий, пополнение фондов материалами о творческой жизни ученого.



Интерьер кабинета-музея

В основу экспозиции положен домашний кабинет А.П. Виноградова; в нем полностью воспроизведена обстановка и атмосфера работы дома. Экспозиция о жизненном пути выдающегося ученого, о его научной, научно организационной, общественно-политической и педагогической деятельности расположена в смежной комнате. Ее дополняют дипломы об избрании А.П. Виноградова иностранным членом зарубежных академий наук и научных обществ, дипломы о присуждении золотых медалей им. В.И. Вернадского, им. М.В. Ломоносова, чехословацкой Академии наук; стенд с фотографиями Правительственных наград и наград других государств, которых он был удостоен, картины, портреты и некоторые грамоты.



Фонды музея включают: научную библиотеку, материалы личного архива, в том числе документы, фотоматериалы, переписку, адреса и поздравления, материалы периодической печати, грамоты, подарки, видеоматериалы и звукозаписи, а также отдельные личные вещи.

Первыми посетителями кабинета-музея были участники XXVII сессии Международного геологического конгресса (Москва, август 1984 г.), а его официальное открытие состоялось 14 ноября 1985 года к 90-летию со дня рождения А.П. Виноградова. В настоящее время музей регулярно посещают научные работники, преподаватели, студенты, школьники - все, кто интересуется историей отечественной науки.

## Музей внеземного вещества



### Куратор музея

**Анна  
Яковлевна  
Скрипник**

научный сотрудник

[portal.geokhi.ru/  
meteoritesmuseum](http://portal.geokhi.ru/meteoritesmuseum)



Музей внеземного вещества открыт в ГЕОХИ РАН 3 апреля 1997 года в связи с тем, что в Институте, на протяжении многих лет, ведутся исследования внеземного вещества и создаются приборы для космических миссий в Солнечной системе. Его задача - демонстрация основных типов космического вещества, процессов его образования и эволюции, а также популяризация истории исследований космического вещества в России.

Экспозиция музея создана на основе коллекции метеоритов и коллекции образцов лунного грунта. Она занимает одну комнату площадью 36 кв. м.

Практическая деятельность музея - это популяризация космических знаний среди

### Куратор метеоритной коллекции

**Дмитрий  
Дмитриевич  
Бадюков**



кандидат геолого-минералогических наук  
<http://www.meteorites.ru> тел.: +7 (495) 939-70-53  
[badyukov@geokhi.ru](mailto:badyukov@geokhi.ru)

населения, имеющая принципиальное значение не только для повышения культурного уровня, но также и для развития метеоритной коллекции и привлечения молодых ученых к проблемам изучения космического вещества.

Метеоритная коллекция, хранящаяся в ГЕОХИ РАН, является одной из крупнейших мировых коллекций, и содержит более 1650 метеоритов (по названиям) всех классов и типов, включая многие редкие и уникальные.

В экспозиции музея представлены: метеориты, проба лунного грунта, тектиты из 11 полей рассеяния и импактиты из 7 метеоритных кратеров, бортовые космические приборы, разработанные в ГЕОХИ РАН, которые применялись для определения химического и изотопного состава атмосферы и пород Венеры, Марса, изучения состава пород Луны; модель пенетратора, предназначавшегося для межпланетной станции Марс-96, а также рисунки очевидцев и картины участников экспедиций, иллюстрирующие падения метеоритов, эпицентр Тунгусской катастрофы и внешний вид метеоритных кратеров.



Интерьер музея внеземного вещества



Метеорит Караванное  
(палласит группы ES)

Экспозиция предназначена как для специалистов, так и для широкого круга любознательной публики.

Музей посещают ежегодно около 350 человек. Это участники научных конференций, молодые ученые, изучающие космическое вещество, преподаватели ВУЗов, студенты и школьники.

Экскурсии проводят специалисты ГЕОХИ им. В.И. Вернадского, которые занимаются исследованиями, регистрацией новых метеоритов, экспертизой образцов, поступающих от населения, а также выдачей метеоритов на исследования.



Витрина с научными приборами

#### Главные разделы экспозиции:

- история падений и находок метеоритов;
- каменные метеориты - хондриты;
- железные метеориты;
- каменные метеориты - ахондриты и железокаменные метеориты;
- тектиты из 11 полей рассеяния и ипмактиты из 7 метеоритных кратеров;
- проба лунного грунта;
- бортовые космические приборы для исследования Венеры, Марса и Луны, разработанные в ГЕОХИ;
- рисунки очевидцев и картины участников экспедиций.



Сихотэ-Алинский железный метеорит



Метеорит Milles (железный метеорит группы IIE)



Метеорит Челябинск (обыкновенный хондрит)



Метеорит Каракол (хондрит LL6)



Лунный грунт



1 сентября 2022 г. открыт официальный Telegram-канал **Института геохимии и аналитической химии (ГЕОХИ) им. В.И. Вернадского РАН.**

Подписывайтесь, используя QR-код или переходите по ссылке: <https://t.me/geokhi>

Канал посвящён популяризации научных исследований, проводимых сотрудниками ГЕОХИ РАН в области наук о Земле, аналитической химии, радиохимии, биогеохимии, лунно-планетных и морских исследований. Здесь также можно найти самую актуальную информацию о предстоящих мероприятиях Института (научные конференции, защиты диссертаций...), о возможностях сотрудничества, о поступлении в аспирантуру и др. Канал может заинтересовать студентов, аспирантов, научных сотрудников, старшеклассников, школьных учителей и преподавателей ВУЗов, преподающих дисциплины естественно-научного цикла, а также всех, кто увлечен наукой. Новости в Telegram-канале обновляются ежедневно.



*Композиция «Структура № 2» у здания ГЕОХИ РАН. Скульптор В.А. Сидур*

## СОДЕРЖАНИЕ

Геохимия, космохимия, аналитическая химия, радиохимия в ГЕОХИ РАН .....	3
Основные направления исследований в Институте .....	10
Основные задачи Института.....	11
В.И. Вернадский – Ученый – Мыслитель – Гражданин .....	12
Академик А.П. Виноградов – основатель и первый директор ГЕОХИ РАН .....	17
Члены Академии наук, работавшие и работающие в Институте.....	20
Известные ученые, внесшие значительный вклад в развитие научных направлений Института .....	24
Руководство Института.....	33
<b>ГЕОХИМИЧЕСКИЙ ОТДЕЛ .....</b>	<b>35</b>
Лаборатория геохимии и аналитической химии благородных металлов.....	36
Лаборатория геохимии магматических и метаморфических пород.....	38
Лаборатория геохимии и рудоносности щелочного магматизма .....	40
Лаборатория изотопной геохимии и геохронологии.....	42
Лаборатория моделирования гидрогеохимических и гидротермальных процессов .....	44
Лаборатория геохимии мантии Земли .....	46
Лаборатория геохимии наночастиц .....	48
Лаборатория кристаллохимии.....	50
Лаборатория геохимии углерода им. Э.М. Галимова .....	52
<b>АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОТДЕЛ .....</b>	<b>55</b>
Лаборатория инструментальных методов и органических реагентов .....	56
Лаборатория концентрирования .....	58
Лаборатория методов исследования веществ и материалов .....	60
Лаборатория радиохимии .....	62
Лаборатория сорбционных методов .....	64
Лаборатория химических сенсоров и определения газообразующих примесей .....	66
<b>ОТДЕЛ ПЛАНЕТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И КОСМОХИМИИ .....</b>	<b>69</b>
Лаборатория геохимии Луны и планет.....	70
Лаборатория метеоритики и космохимии .....	72
Лаборатория сравнительной планетологии .....	74
Лаборатория термодинамики и математического моделирования природных процессов .....	76
<b>ОТДЕЛ БИОГЕОХИМИИ И ГЕОЭКОЛОГИИ .....</b>	<b>79</b>
Лаборатория биогеохимии окружающей среды.....	80
Лаборатория геохимии осадочных пород .....	82
Лаборатория эволюционной биогеохимии и экологии .....	84
<b>ОТДЕЛ МОРСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ .....</b>	<b>87</b>
Лаборатория физико-химических процессов и динамики поверхности океана .....	88
Лаборатория радиохимии окружающей среды .....	90
Мемориальный кабинет-музей академика В.И. Вернадского .....	92
Группа «Научное наследие В.И. Вернадского и его школы».....	94
Мемориальный кабинет-музей академика А.П. Виноградова .....	96
Музей внеземного вещества.....	98
Телеграм-канал ГЕОХИ РАН.....	100

Наш адрес: 119991, г. Москва, ул. Косыгина, д.19.

Телефон: 7(495) 939-01-84

Факс: 7(495) 938-20-54

Электронная почта: [director@geokhi.ru](mailto:director@geokhi.ru)

Веб-сайт: [portal.geokhi.ru](http://portal.geokhi.ru)



Telegram-канал Института: <https://t.me/geokhi>



